

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



SUPERIEUR L'ENSEIGNEMENT DE MINISTRE

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم



Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

كلية العلوم و التكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de genie Electrique

N°d'ordre:M2.../GE/2023

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

Filière: Génie Electrique

Spécialité: Electrotechnique Industriel- Systèmes des télécommunications

Thème

Conception et réalisation d'un compteur intelligent

Présenté par:

1. Aissa Sarah
2. Maai Noureddine Mohamed El amine.

Soutenu le 05/12/2023 devant le jury composé de:

President:	Mme L. Ghomri	MCA	Université de Mostaganem
Examineur:	MrS. Henni	MCA	Université de Mostaganem
Encadrant:	MmeH. Neddar	MCA	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2022/2023



Remerciement

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

Mr NEDDAR HOUARIA, pour avoir accepté de nous encadrer, et
pour le thème qu'il nous a proposé. Ainsi que toutes ces remarques
. constructives qui nous ont permis d'approfondir les connaissances scientifiques

Nous remercierons particulièrement **Mr S. Henni** et **Mme L. Ghomri**

Pour ses aide précieuse, ses conseils et pour le temps qu'ils nous
. sont consacrés tout au long de ce travail

. 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...



Dédicace

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.....	10
Chapitre I:.....	12
Généralité sur les compteurs	12
I.1 Introduction:	Error! Bookmark not defined.
I.2 Compteur électrique :	Error! Bookmark not defined.
I.3 Historique:	Error! Bookmark not defined.
I.4 Caractéristiques:	Error! Bookmark not defined.
I.5 Développement des compteurs d'énergie électrique :	Error! Bookmark not defined.
I.6 Types de compteurs électriques	Error! Bookmark not defined.
I.7 Type de comptage:	Error! Bookmark not defined.
I.8 Paramètres électriques	13
I.9 Conclusion:	31
Chapitre II:.....	32
<i>Conception matérielle et logiciel du compteur intelligent</i>	32
II.1 Introduction:	33
II.2 Partie Hardware :	33
II.2.1 Espressif et l'ESP32.....	33
II.2.2	
Composant matériel:.....	E
rror! Bookmark not defined.	
II.3 Partie Software :	37
II.3.1 Arduino IDE:.....	37
II.3.2 Arduino IDE et l'ESP32 WROOM32	
:.....	Error! Bookmark not defined.
II.4 Conclusion:	41
Chapitre III:	42
<i>Réalisation du compteur électrique intelligent</i>	42
III.1 Introduction:	43
III.2 Application Blynk:	43
III.2.1 Blynk Library :.....	43
III.2.2 Installer blynk library :.....	43
III.2.3	
Création de projet de l'application blynk:.....	Er
ror! Bookmark not defined.	
III.2.4	
Paramètres du widget dans l'application blynk:.....	E
rror! Bookmark not defined.	
III.3 Schéma synoptique du compteur d'énergie électrique intelligent:	Error! Bookmark not defined.
III.4 Calcul de l'énergie consommée	Error! Bookmark not defined.
III.5 Le Protocole de communication:	Error! Bookmark not defined.
III.5.1	
Description du Protocole de communication.....	E
rror! Bookmark not defined.	
III.6 Réalisation et les résultats pratiques du compteur intelligent d'énergie:	Error! Bookmark not defined.

Leschémaglobalducompteurintelligentd'énergie:.....	E
rror! Bookmark not defined.	
III.6.2	
Laréalisationpratiqeducompteurintelligentd'énergie.....	E
rror! Bookmark not defined.	
III.6.3	
Lesrésultatspratiques.....	E
rror! Bookmark not defined.	
III.7 Conclusion	Error! Bookmark not defined.
Conclusiongénérale	56

Liste des figures

Figure I.1: Compteur électromécanique	14
Figure I.2: les index compteur électromécanique	15
Figure I.3: Le principe de fonctionnement du compteur électromécanique	15
Figure I.4: Coupe transversale compteur électromécanique	15
Figure I.5: Compteur électronique	17
Figure I.6: Index Compteur électronique	18
Figure I.7: Compteur d'énergie électronique	19
Figure I.8 : Compteur intelligent	20
Figure I.9 : Illustration du principe général du CPL	21
Figure I.10 : Module GSM	21
Figure I.11: illustration du principe général du IOT	22
Figure I.12: Structure d'un compteur intelligent	26
Figure I.13: Structure d'un compteur intelligent	26
Figure I.14: Triangle des puissances	29
Figure II.1: Logo de Espressif	33
Figure II.2: LacarteESP32	34
Figure II.3: Brochage du ESP32WROOM32	36
Figure II.4: Capteur de courant SCT-013	36
Figure II.5: Capteur de tension ZMPT101B	37
Figure II.6: Arduino IDE	38
Figure III.1: Logo de l'application Blynk	43
Figure III.2: logo de Blynk library	43
Figure III.3: Schéma synoptique de capteur intelligent d'énergie	47
Figure III. 4: Organigramme de fonctionnement de compteur intelligent	48
Figure III.5: Schéma global du compteur intelligent d'énergie	50
Figure III.6: Le micro contrôleur ESP32	51
Figure III.7: Capteur de tension zmpt-101B	52
Figure III.8: Capteur de courant SCT-013	52
Figure III.9: La réalisation pratique du compteur intelligent	53
Figure III.10: L'affichage des données dans l'application blynk	54
Figure III.11: L'affichage des données dans Arduino IDE et l'application blynk	54

Liste des tableaux

Tableau I.1: Comparaison entre le compteur intelligent et le compteur traditionnel	25
Tableau I.2: Les puissance	30
Tableau II.1: Caracteristiques de la carte ESPWROOM32	35

Abréviations

- **PDL** Point de livraison
- **LCD** Liquid Crystal Display
- **GSM** The Global System for Mobile
- **SMS** Short Message Service
- **CPL** Power-Line Communication
- **HF** Haut Fréquence
- **IOT** Internet Of Things
- **SOC** A system on a chip
- **GPIO** A general-purpose input/output
- **USB** Universal Serial Bus
- **SD** Secure Digital
- **UART** A universal asynchronous receiver-transmitter
- **SPI** The Serial Peripheral Interface
- **SDIO** Secure Digital Input Output
- **LED** A light-emitting diode
- **PWM** Pulse-Width Modulation
- **I2S** Inter-IC Sound
- **I2C** Inter-Integrated Circuit
- **ADC** analog-to-digital converter
- **BLE** Bluetooth Low Energy
- **GND** Ground
- **AC** Alternating current
- **DC** Direct current
- **IDE** Integrated development environment
- **SDK** Software Development Kit
- **UI** User Interface
- **IOS** iPhone Operating System
- **apk** Android Application Package

Symboles

- **u(t)** Tension instantanée présente par le réseau **V**
- **i(t)** Courant instantané parcourant par le réseau **A**
- **E** L'énergie consommée **KWh**
- **t** Le temps **ms**

*Introduction
générale*

Introduction générale

Après la découverte de l'électricité et sa propagation à travers les pays, les compteurs Électriques sont apparus pour calculer l'énergie consommée. Mais à cause du grand nombre des compteurs dans chaque cité, la facturation et la collection des informations et des données de consommation est devenue un souci pour les fournisseurs. De plus, la consommation quotidienne des clients augmente rapidement. Alors pour résoudre ces problèmes, les inventeurs et les ingénieurs décident d'utiliser les nouvelles technologies informatiques et économiques pour mettre en œuvre des compteurs électriques qui permettent de faciliter la facturation et contrôler la consommation du client.

Le compteur d'énergie, qui est responsable du calcul de la consommation et de l'émission de factures, ainsi que l'établissement de la facture, est un élément essentiel pour les sociétés de l'électricité. Au départ, seuls les compteurs électromécaniques ont été utilisés. Après, il y a eu cours aux compteurs électroniques.

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. Dans ce contexte, l'idée de remplacer le compteur classique par un compteur intelligent ou communicant est apparue. C'est un compteur programmable permettant d'envoyer et de recevoir des données tels que la consommation. Par conséquent, le client va être capable de suivre sa consommation en termes d'énergie et de coût.

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

Dans le premier chapitre, on va faire une étude générale sur les compteurs d'énergie électrique et leurs développements.

Le deuxième chapitre est consacré à la conception matérielle et logicielle du projet, soit software et hardware.

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:

Généralité sur
les compteurs

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

I.1 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, nous présentons un état de l'art sur les compteurs électriques en général leurs caractéristiques et leurs principes de fonctionnement.

I.2 Compteur électrique:

Un compteur est un appareil électrotechnique qui mesure l'énergie électrique. En effet, la consommation électrique de l'appareil est en kWh, soit dans le logement, soit dans les lieux d'événements professionnels ou industriels. L'appareil est intégré au circuit et permet au fournisseur d'énergie de comptabiliser l'énergie consommée par le client et facturer ce dernier en conséquence.

I.3 Historique:

Depuis les débuts de l'électricité, à la fin du XIXe siècle, les sociétés de distribution d'électricité ont dû résoudre les problèmes d'émission des factures des services rendus aux clients. Mais, les équipements de mesure appropriés n'étaient pas disponibles, ce qui les a contraints à recourir à des taux de paiement individuels peu satisfaisants. L'invention de compteurs d'énergie électrique assez précis et peu coûteux a permis d'instaurer des systèmes de tarification plus élaborés. Le fonctionnement de cet appareil de comptage de l'électricité repose sur un disque mis en 1894. En 1963, son équivalent français de couleur bleue débarque dans les foyers et les appareils de deuxième génération apparaissent en 1950 et le dernier compteur intelligent en 1990.

I.4 Caractéristiques:

Cependant, il ne suffit pas de savoir mesurer la consommation électrique pour établir des factures.

L'élaboration d'une structure satisfaisante des tarifs de l'électricité est une opération très complexe, qui met en jeu un grand nombre de facteurs laissant un grand champ libre à l'imagination.

Il n'en reste pas moins un outil indispensable à toute opération de tarification ou de facturation de l'énergie reste le compteur.

Un compteur électrique peut être défini comme suite :

Soit $x(t)$ la puissance électrique ; débitée par le réseau vers une charge ; susceptible de varier avec le temps t . On appelle compteur d'électricité un appareil qui effectue d'une façon continue (ou quasi continue) l'intégration [1] :

$$\int_0^t x(t) dt$$

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

Et à chaque instant (ou bien à chaque instant) donne le résultat courant cette intégration se fait soit sous une forme adaptée à la lecture directe soit sous toute autre forme Adapté à l'usage prévu.

I.5 Développement des compteurs d'énergie électrique :

Les compteurs d'électricité sont des équipements électriques essentiels pour tout le monde appareils électriques pour mesurer et quantifier l'énergie électrique en résidentiel, industriel, scolaire, administratif, entreprises... etc. Il est utilisé par les fournisseurs d'électricité pour Cette énergie est calculée en termes de puissance instantané et temps d'utilisation. Le compteur fournit des informations Kilowattheure (kWh), 1 kWh équivaut à $3,6 \times 10^6$ joules.

A l'origine ces appareils étaient conçus de manière électromécanique, ils ont été remplacés par le compteur électronique. Cependant; les compteurs communicants sont parfois appelés compteurs intelligents. [2]

I.6 Types de compteurs électriques

Il existe trois types de compteurs électriques :

- Compteur électromécanique.
- Compteur électronique.
- Compteur électrique intelligent.

I.6.1 Compteur électromécanique

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

I.6.1.1 Principe de fonctionnement et la conception :

Les éléments essentiels et principaux du compteur sont visibles à travers le capot transparent à savoir :

- (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.

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

- (D) L'aimant de freinage.
- (E) Le totaliseur d'énergie constitué d'un ensemble d'engrenages qui actionne un dispositif d'affichage. [3]

La fonction du compteur électromécanique est de calculer la quantité d'énergie l'électricité consommée par un lieu alimenté par cette source d'énergie. Ceci est une boîte tractable par son carré. Il se fixe au mur à l'aide de trois points d'attache il est équipé d'un index à défilement mécanique. Cet index comporte [5] :

- 5 chiffres.
- Le numéro de matricule ou PDL (point de livraison) à fournir pour souscrire un abonnement correspond aux trois derniers chiffres, ce numéro permet de distinguer le compteur lorsqu'il se situe au même endroit que ceux de voisins.
- Un disque rotatif en aluminium matérialise la consommation du logement en temps réel. [4]

Le principe de fonctionnement des compteurs électromécaniques est basé sur l'électromagnétisme, cela dépend du principe du scientifique anglais Ferraris, qui a développé la théorie en 1885, et cette théorie dit (il est possible de générer un couple dans un élément rotatif en mouvement libre s'il y a deux flux magnétiques et deux écoulements qui coupent entre eux et s'il y a un angle entre eux et dans ce cas l'élément rotatif est le disque et le flux résultant des enroulements de courant et de tension.

Le comptage d'énergie se fait en comptant le nombre de rotations disque mobile monté sur un arbre rotatif avec un mécanisme de comptage mécanique. Le disque est affecté par un champ magnétique alternatif généré grâce aux deux électroaimants disposés au-dessus et au-dessous du disque.

Chaque aimant est traversé par le courant, un par le



Figure I.2: les index compteur électromécanique

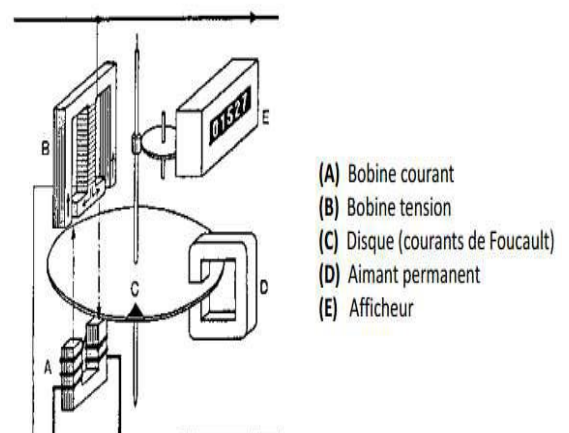


Figure I.3: Le principe de fonctionnement du compteur électromécanique

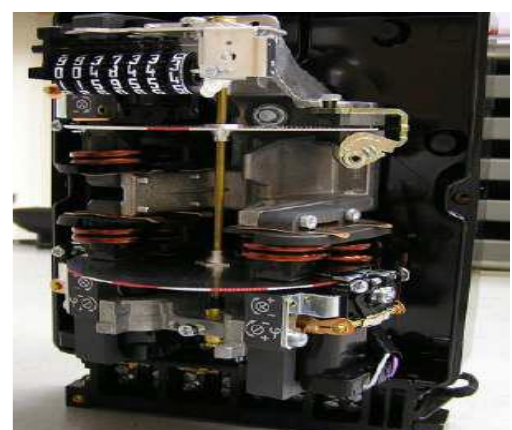


Figure I.4: Coupe transversale compteur électromécanique

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

Le courant circule dans un conducteur de phase et le courant dans l'autre conducteur de phase est proportionnel à la tension du réseau. Le disque tourne à une vitesse qui est directement proportionnelle à la consommation d'énergie, ce qui indique que la consommation d'énergie électrique depuis la mise en service. Sauf le compteur triphasé, ils sont constitués des mêmes éléments que les compteurs monophasés, mais contrairement à ceux-ci, ils ont deux ou trois bobines de tension et force. Leur appareil mobile comprend un disque, ou deux ou trois disques interdépendants. [6]

I.6.1.2 Avantages ET les inconvénients d'un compteur électromécanique:

a- Avantages :

Ce type de compteur est le plus ancien des affichages mécaniques, il présente l'avantage

De:

- Haute fiabilité lors des coupures de courant même en cas de court-circuit, ils

Continuent à opérer après avoir exclu toutes les conséquences.

- Bon pour les réseaux de faible qualité.
- Le prix d'achat est inférieur aux prix des appareils électroniques.
- Aucune configuration supplémentaire n'est requise. Tout ce qu'il faut c'est câbler-le correctement.
- De plus, en cas de dommage ou de vandalisme,
- Le contenu enregistré sera toujours affiché
- Sa facilité d'installation et d'utilisation
- Longue durée de vie grâce à sa grande robustesse et sa grande qualité.

B- Inconvénients :

Tandis que ces compteurs électromécaniques procurent à leurs utilisateurs une foule d'avantages, cela leur apporte des inconvénients et des problèmes tels que :

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

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

C'est pourquoi la technologie a évolué avec apparition des compteurs numériques. Cependant, il est très aisé de les programmer pour compter l'électricité qui a été prélevée ou injectée dans le réseau. [7]

I.6.2 Compteur électronique (numérique):

C'est un compteur d'énergie numérique il fonctionne avec un système de comptage électronique, il s'agit du compteur de deuxième génération installé (après le compteur électromécanique), dont l'un peut lire les informations affichées sur l'appareil 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 compteur : les capteurs à effet Hall et la conversion analogique numérique (CAN).[3]



Figure I.5: Compteur électronique

I.6.2.1 Principe de fonctionnement:

Actuellement, placé sur le compteur électronique ils sont faciles reconnaissables à sa conception à base de circuits et de composants électroniques modernes, ils se composent d'un cadran à affichage numérique consommation d'énergie et deux boutons S et D pour plus de commodité Lire les informations d'index et de compteur. [8]

- **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.

Le compteur électronique peut afficher plusieurs informations, sont :

- La consommation en électricité,
- La puissance souscrite,
- L'option tarifaire de l'abonnement,
- L'intensité maximale atteinte.

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

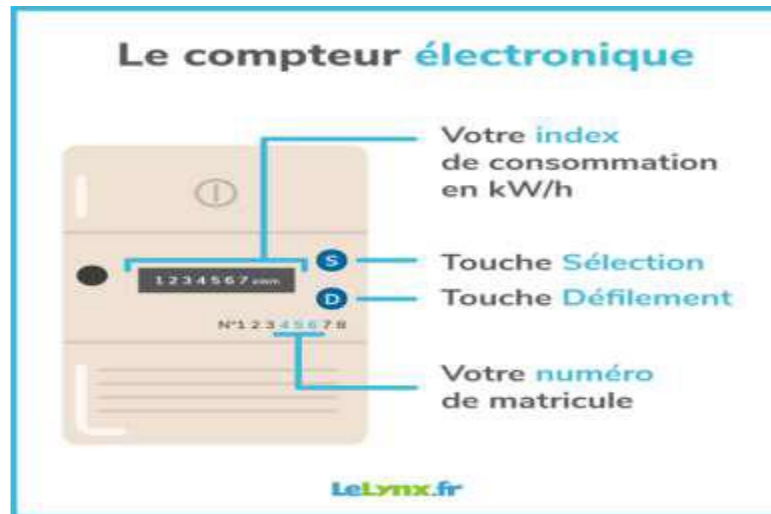


Figure I.6: Index Compteur électronique

Pour un compteur d'électricité numérique, la formule fondamentale de la mesure de la puissance active est toujours représentée par l'intégral :

$$Pa : \frac{1}{T} \int_0^T u(t)i(t)dt$$

Avec P_a : la puissance active (w)

$U(t)$: tension instantanée présente par le réseau.

$I(t)$: courant instantané parcourant par le réseau.

Et pour calculer l'énergie consommée, on a l'équation suivante :

$$E = p. t$$

Avec E : l'énergie consommée (KWh).

P_a : la puissance active (KW).

T : le temps (h).

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 puissance 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.

[1]

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

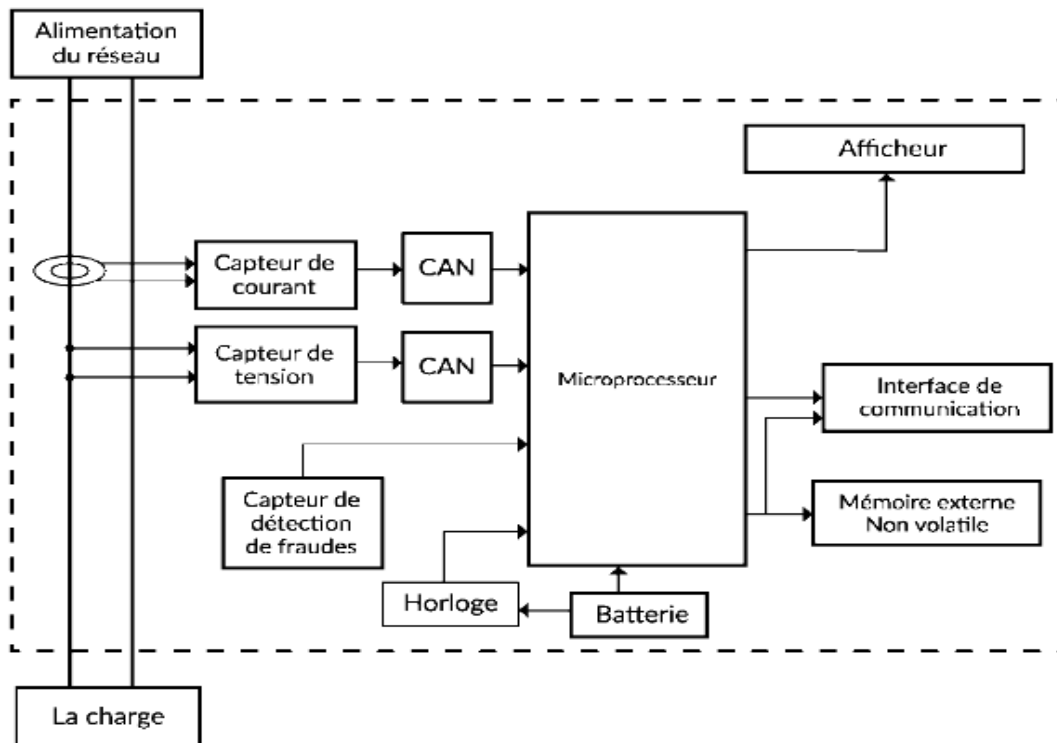


Figure I.7: Compteur d'énergie électronique

I.6.2.2 Avantages et inconvénients d'un compteur électronique :

a. Avantage :

- L'avantage d'un compteur numérique (LCD) est la possibilité d'afficher les informations diverses : (tarif au kWh, watt, voltage).
- Les données calculées et les paramètres programmés sont stockés dans le La mémoire non volatile permet de les sauvegarder en cas de panne de courant.
- Ces compteurs sont plus sensibles aux surintensités et aux surtensions, et tout Surtout 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 inductifs.
- Absence des pièces mécaniques les plus usées.

b. Inconvénients :

- Très sensible et instable aux fortes modifications du réseau.

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

- Les réparations coûtent très cher.
- Problème de détection des défauts.
- Sensibilité à un changement brusque de température.
- Difficulté à effectuer des réparations.
- Prix élevé, surtout quand il s'agit d'appareils multi-tarifs.

I.6.3 Compteur intelligent:

Un smart meter, ou un compteur intelligent en français, est un compteur d'énergie électrique communiquant présente une nouvelle génération de compteurs qui se caractérise par des technologies avancées de communication qui mesure la consommation électrique d'un bâtiment, d'une entreprise ou d'un foyer avec une manière détaillée et précise en temps réel. Ce compteur enregistre électroniquement l'énergie consommée, permettant en particulier, les transferts consomment des données, comme les index, et peut recevoir des informations ou des commandes.

Ce compteur intelligent connecte et transmet également les informations collectées via différents canaux (flux opérateur, Internet et téléphone). [8]



Figure I.8 : Compteur intelligent

I.6.3.1 Description générale sur les compteurs intelligents :

Le concept de « compteur intelligent » remonte à la fin des années 1900, il désigne un système comprenant des compteurs communiquant de manière mono ou bidirectionnelle à travers un réseau de communication fixe avec un système informatique central situé chez le gestionnaire de réseau. Ce système peut communiquer avec le monde extérieur, ce qui signifie qu'il peut recevoir des commandes et envoyer des données et des informations sans l'intervention physique d'un technicien. Il a été conçu pour faciliter la vie des clients et les consommateurs. Il est équipé d'un système informatisé reliés au système électrique du foyer, ce compteur calcule à 1 kwh près le débit de l'électricité consommée. Le chiffre précis en temps réel est fourni par le compteur afin d'informer le consommateur et le distributeur. De plus important il transmet simplement les informations qu'il affiche et qui sont directement connectées aux bases de données des fournisseurs d'énergie. Ces informations relèvent de compteur à distance pratique, suivi précis de la consommation et de la fraude.

La conception et le principe du fonctionnement d'un compteur intelligent d'énergie varie d'un compteur à l'autre ça dépend du protocole de communication et du nombre des fonctionnalités, par exemple :

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

❖ Compteur d'énergie intelligent CPL :

Ce compteur communiquant utilise une technologie connue depuis les années cinquante : le Courant Porteur en ligne (CPL) qui permet d'envoyer et de recevoir les informations dans les câbles électriques existant dans l'habitation. Le principe de cette technologie est couplage de signaux haute fréquence (HF, un signal à plus haute fréquence et de faible énergie) en un signal de 50 Hz pour le réseau (figure I-9). Le signal HF se propage sur l'installation électrique et peut être reçu et décodé à distance. Ainsi le signal CPL est reçu par tout récepteur CPL de même catégorie se trouvant sur le même réseau électrique. [3]

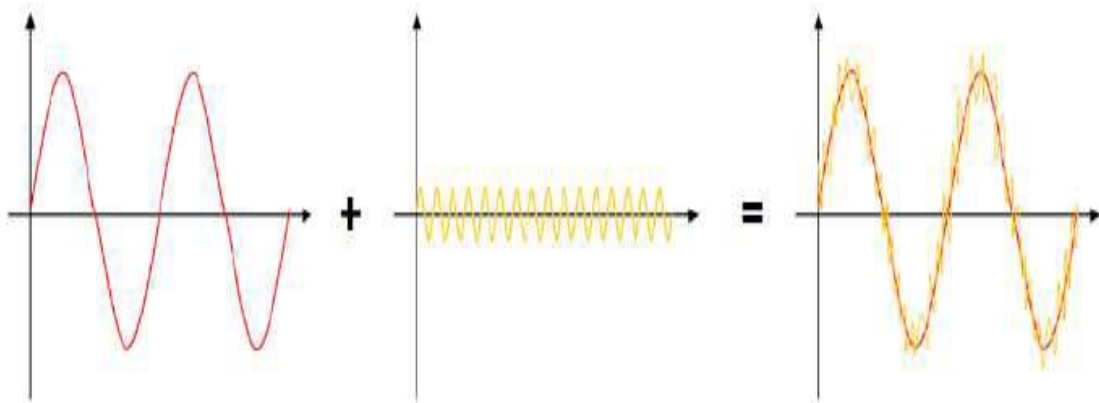


Figure I.9 : Illustration du principe général du CPL

❖ Compteur d'énergie intelligent avec module GSM :

Ce type de compteur intelligent utilise un mode de communication basé sur un module GSM qui envoie les données et reçoit des ordres à travers des SMS entre les compteurs et agence commerciale de consommation qui collecte les informations dans la région et fait les factures. [18]

❖ Compteur d'énergie intelligent IOT :

Ce compteur utilise une technologie appelée IOT « Internet of Things ». Cette technologie permet d'envoyer les données et recevoir des ordres et des commandes en temps réel entre plusieurs appareils ensemble, ce mode de communication nous permet d'avoir beaucoup de fonctionnalités comme : contrôler tous les appareils de la maison utiliser une seule télécommande pour réduire la consommation d'énergie et éviter des problèmes électriques tels qu'une surcharge. [18]



Figure I.10 : Module GSM de compteur intelligent

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

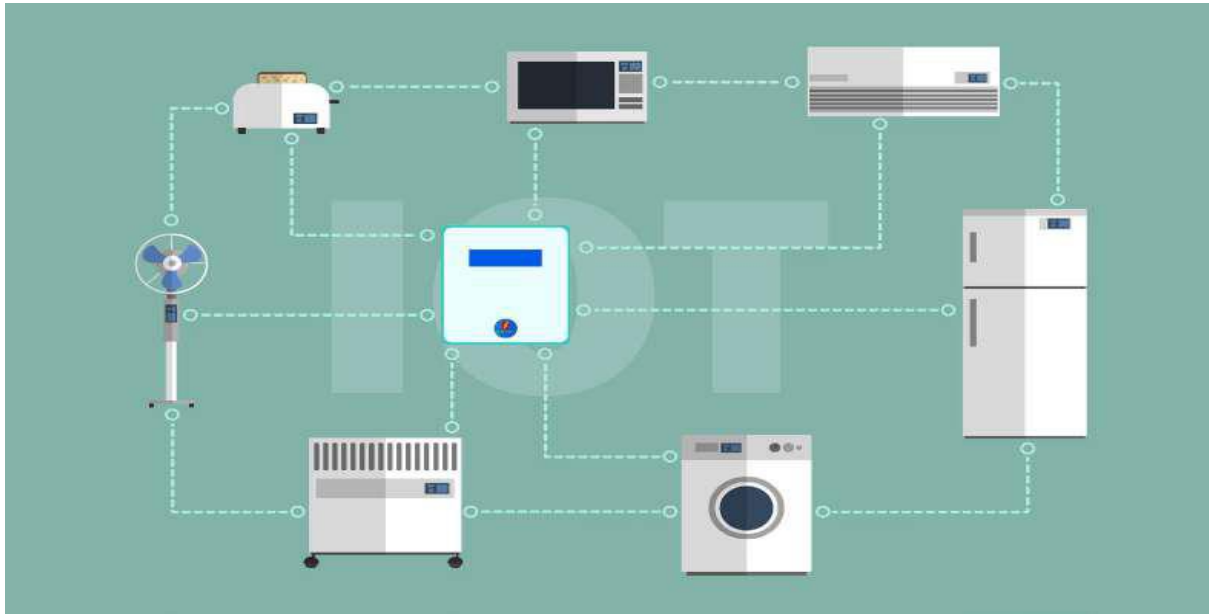


Figure I.11: illustration du principe général du IOT

I.6.3.2 Principe de fonctionnement:

Contrairement aux compteurs électromécaniques et compteurs électroniques qui doivent être lus manuellement, le compteur intelligent enregistre dans leur mémoire, selon un protocole spécifique, la puissance électrique prélevée et les quantités consommées à différents moments de la journée chaque jour de la semaine. Transmettent de manière électronique ces données au gestionnaire de réseau ou au client. Peuvent être contrôlé et examiné à distance par le gestionnaire du réseau. [9]

I.6.3.3 Avantages et les inconvénients d'un compteur intelligent :

a. 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.
- Ce type de compteur fait le calcul de la consommation d'énergie avec une manière détaillée et précise en temps réel.
- Il sauvegarde les consommations, compteur par compteur, pour finalement rendre le rapport au gestionnaire.
- 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.
- Une détection plus rapide et automatique des pannes.
- Faciliter la vie du consommateur dans la mesure où il :

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

- Permet d'être facturé par rapport à sa consommation réelle, et non plus par rapport à une estimation de consommation.
- Lui permet de suivre sa consommation exacte sur internet pour la mieux maîtriser et faire des économies d'énergie.
- Ne nécessite plus l'intervention d'un technicien pour la mise en service, ou la modification de la puissance.
- Absence de dérangement pour les opérations liées au compteur.

b. Inconvénients :

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

I.6.3.4 Compteur électrique intelligent et la consommation d'électricité :

Les compteurs intelligents via leur connexion avec les smart grids, permettent de contrôler parfaitement la consommation d'électricité en détectant par exemple une surtension liée à une trop forte production et donc en décalant ou interrompant le fonctionnement de certains appareils. Le consommateur, informé en temps réel de sa consommation, est incité à mieux la gérer. Il peut être invité à éteindre certains appareils en cas de pic de consommation. [10]

I.6.3.5 Comparaison entre le compteur intelligent et le compteur traditionnel :

	Compteur intelligent	Compteur traditionnel
La communication	Avec fonction de communication, lora, RS485, GPRS, Wifi .	Rien
Enregistrer la consommation d'électricité de chaque période.	Pouvoir d'enregistrer la consommation d'électricité de chaque période.	Rien
Utiliser avec la production d'électricité distribuée.	Pouvoir d'utiliser avec la production d'électricité distribuée.	Pouvoir d'utiliser avec la production d'électricité distribuée.
Choisir le tarif	Pouvoir de choisir le tarif	Rien
Fournir des factures mensuelles	Pouvoir de fournir des factures mensuelles	Rien
Choisissez prépayé, post-payé	Fournir des factures mensuelles	Fournir des factures mensuelles

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

Suivi des consommations	Temps réel	Périodique (par exemple total mensuel)
En lisant	Automatisé (envoyé au cloud /serveur local)	Manuel (lu par le technicien)
Avantages pour le consommateur	<ul style="list-style-type: none">• Les frais d'électricité peuvent être mieux adaptés à la situation de chaque consommateur.• Meilleur service client en temps réel alertes et données disponibles à distance.• Coût d'exploitation inférieur reflété dans le coût pour le consommateur	<ul style="list-style-type: none">• Certains compteurs prépayés affichent le montant de la consommation restante avant le paiement est obligatoire.
Avantages pour l'opérateur	<ul style="list-style-type: none">• Facturation automatisée.• Possibilité d'analyser des données granulaires et identifier les tendances de consommation.	<ul style="list-style-type: none">• Coût initial inférieur.

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

	<ul style="list-style-type: none">• Ajustez le type /niveau de tarif à distance.• Se connecter /déconnecter à distance .	
--	---	--

Tableau I.1: Comparaison entre le compteur intelligent et le compteur traditionnel

I.6.3.6 Structure d'un compteur intelligent:

Dans le nouveau contexte de l'ouverture du marché électrique, de gestion optimale énergétique et de l'intégration des dispositifs de production dans les bâtiments, le compteur doit également assurer des fonctions de plus en plus nombreuses et complexes, liées aux divers services d'électricité. Par conséquent, il est nécessaire d'introduire des dispositifs auxiliaires correspondant à ces différents services, comme [11]:

- Des indicateurs de maximum, le contrôle et la gestion des pointes de consommation pour le contrôle de changement de période tarifaire si besoin.
- Une horloge, le contrôle du changement de période tarifaire.
- La mémorisation ou l'enregistrement des données, en particulier des données de facturation à la fin de la période contractuelle, permettant d'obtenir un suivi précis de la consommation d'énergie.
- L'émission, vers un autre dispositif de signaux caractéristiques de la consommation cette opération, qui porte le nom de télé-comptage, permet de déporter l'information et sa gestion et de combiner les résultats de plusieurs points de comptage.
- La gestion des dépassements de puissance, permettant à celui-ci d'effectuer les corrections nécessaires à l'optimisation de la consommation d'énergie.
- La communication à distance des données contenues dans le compteur permettant sa lecture par le distributeur ou le client depuis un point éloigné du comptage.

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

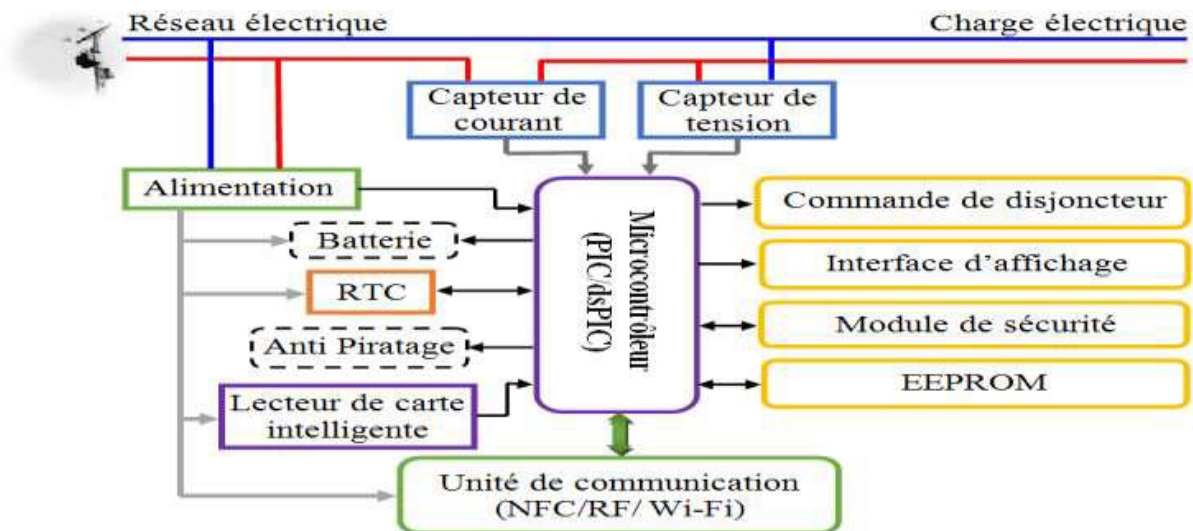


Figure I.12: Structure d'un compteur intelligent

I.7 Type de comptage:

Il existe deux types de comptage : Le comptage classique et le comptage électronique.

I.7.1 Comptage Classique:

Compteur dans lequel des courants circulant dans des enroulements fixes réagissent sur des courants induits dans des pièces conductrices mobiles, généralement un disque, ce qui entraîne leur mouvement proportionnel à l'énergie consommé par les abonnés. [1]

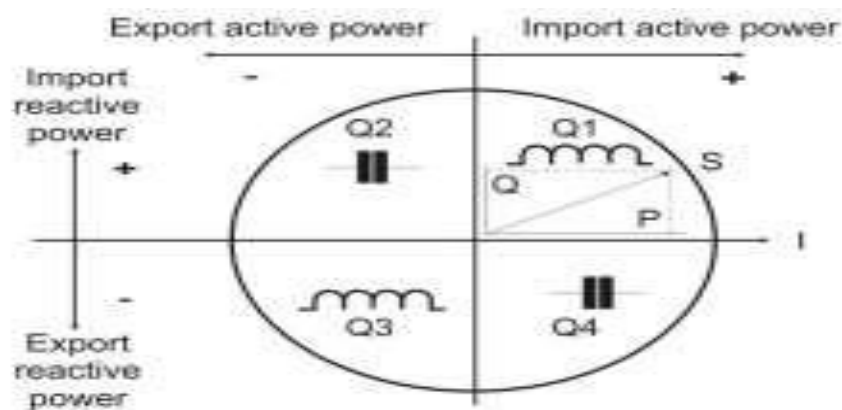


Figure I.13: Structure d'un compteur intelligent

I.7.2 Comptage Electronique:

Compteur dans lequel le courant et la tension appliqués à un élément électronique de mesure produisent une sortie proportionnelle à l'énergie électrique consommé par l'abonné. [1]

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

I.8 Paramètres électriques

a. 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).

- **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.

- **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. C'est très importante, cette chute de tension devient un défaut électrique et peut entraîner un dysfonctionnement ou la panne de certains appareils électriques.

a. 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.

- **Rôle du courant dans les installations électriques**

L'installation électrique est l'ensemble de circuits et appareils électriques présents dans un bâtiment. Ils agissent 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'études sont dans l'obligation de mener une étude de terrain avant son installation par une équipe d'électriciens.

- **Limites de courant et sécurité électrique**

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

b. Les puissances:

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

- **Définition:**

Dans un circuit électrique, certains dipôles libèrent de l'énergie alors que d'autres la reçoivent. Pour quantifier cette énergie, on définit la puissance électrique P: c'est l'énergie reçue ou cédée par un dipôle par unité de temps. La puissance s'exprime en watt (W).

Plus la puissance fournie à un dipôle récepteur est grande, plus le fonctionnement de ce dipôle est efficace. Exemple : si on fournit 5 W à une lampe, elle brillera davantage que si on lui fournit 4 W.

- **Le triangle des puissances:**

Il y a 3 puissances différentes, que nous verrons plus en détails un peu plus tard, à savoir la puissance apparente, active et réactive. Elles sont toutes trois liées par le triangle des puissances.

➤ **La puissance active:**

La puissance active est la puissance qui va provoquer un mouvement, on pourrait la qualifier d'utile. Elle est souvent confondue avec la puissance apparente. Elle représente, en particulier dans les habitations, la majorité de l'énergie consommée.

$$P=U.I.\cos\varphi$$

P = Puissance active (W)

U=Tension (V)

I=Intensité(A)

φ =Déphasage (°)

➤ **La puissance réactive:**

La puissance réactive est beaucoup moins connue et plus complexe à aborder. En effet, ce n'est pas une puissance à proprement parler puisque l'on ne peut pas en tirer un "travail". Cependant, elle est nécessaire dans de nombreux systèmes, notamment dans tous ceux qui sont équipés d'un bobinage. Parmi eux, on peut noter les moteurs tournants évidemment, mais aussi les appareils de froid, certains composants informatiques, etc. Les appareils purement résistifs, dont les convecteurs se rapprochent le plus, sont les seuls à ne pas consommer d'énergie réactive. Cette puissance réactive peut être compensée par des batteries de condensateurs qui ont la propriété de pouvoir fournir de l'énergie réactive au système en ayant besoin.

$$Q=U.I.\sin \varphi$$

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

Q = Puissance réactive (VAR) (Voltampère Réactif)

U = Tension (V)

I = Intensité (A)

ϕ = déphasage ($^\circ$)

➤ La puissance apparente:

La puissance apparente est la somme (trigonométrique) de la puissance active et réactive. C'est par ailleurs la puissance souscrite (kVa) pour son contrat d'électricité. Elle se calcule comme suite:

$$S = U \cdot I$$

S = Puissance apparente (VA) (homogène à des Watts)

U = Tension (V)

I = Intensité (A)

La puissance apparente est l'hypoténuse du triangle des puissances. On peut donc, grâce à ce bon vieux Pythagore, la calculer à partir des deux autres puissances :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = U \cdot I$$

S = Puissance apparente (VA) (Voltampère)

P = Puissance active (W)

Q = Puissance réactive (VAR)

✚ Le triangle des puissances: récapitulatif

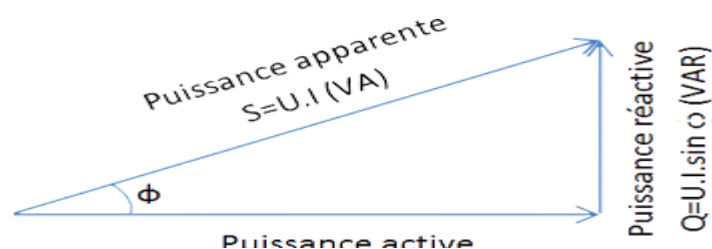


Figure I.14: Triangle des puissances

Puissances	Puissance active	Puissance réactive
------------	------------------	--------------------

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

	apparente		
Définition	Puissance maximale disponible	Puissance "utile" qui utilise une partie de l'énergie de la puissance apparente	Utilisée par les circuits magnétique, sert à dimensionner les installations électriques
Unité de mesure	Volt-ampère (VA), mais souvent exprimée en kilovolt-ampère en raison de l'ordre de grandeur	Watt (W), mais souvent exprimée en kilowatt en raison de l'ordre de grandeur	Volt-ampère réactif
Notation dans les formules	S	P	Q
Calcul	$S = U \cdot I$	$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$	$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$

Tableau I.2: Les puissance

Le facteur de puissance:

Le cosinus φ présente la valeur du déphasage angulaire entre la tension et l'intensité du courant dans un circuit alternatif.

Le symbole de l'angle φ est présenté par φ qui est une lettre de l'alphabet grec.

Ce déphasage est dû au récepteur qui est constitué d'une impédance complexe ($R + j(L\omega - 1/(C\omega))$);

Soit une partie résistive (résistance), qui correspond à la puissance active du circuit et une partie réactive (réactance), qui correspond à la puissance réactive.

Lien entre puissance, énergie et temps

La puissance électrique est égale à l'énergie électrique échangée (reçue ou cédée) par un dipôle par unité de temps:

$$P = E/T$$

P = puissance en watt (W).

E = énergie en joule (J).

t = temps en seconde (s).

On peut écrire l'équivalence : **E = P × t** : l'énergie reçue (ou cédée) par un dipôle dépend de la puissance consommée (ou créée) par ce dipôle et de la durée de fonctionnement du dipôle.

Chapitre I: Généralité sur les compteurs

I.9 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.

Chapitre II:

Conception

matérielle et logiciel du
compteur intelligent

II.1 Introduction:

La fabrication de circuits électroniques à partir de composants tels que des résistances, des condensateurs, des inductances et des transistors est une pratique courante depuis de nombreuses années. C'était une tâche difficile et la modification était compliquée car elle était conçue pour une fonction spécifique. Même de petites modifications nécessitaient du travail, notamment des calculs, des soudures et la modification du schéma. Cependant, avec les progrès de la technologie électronique, la création de systèmes basés sur des circuits électroniques est devenue beaucoup plus facile et simple grâce aux cartes de développement et aux modules programmables. Ces avancées permettent d'exécuter plusieurs fonctions au sein du même système. Ce chapitre se concentre spécifiquement sur la carte ESP32 WROOM32 et met en évidence ses fonctionnalités. Nous présenterons également le schéma fonctionnel de cette carte et les composants utilisés dans le système.

II.2 Partie Hard ware :

II.2.1 Espressif et l'ESP32

II.2.1.1 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. [21]



Figure II.1: Logo de Espressif

II.2.1.2 L'ESP32

L'ESP32 est un microcontrôleur à faible coût et à faible consommation d'énergie, fabriqué par Expressifs Systèmes. 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.

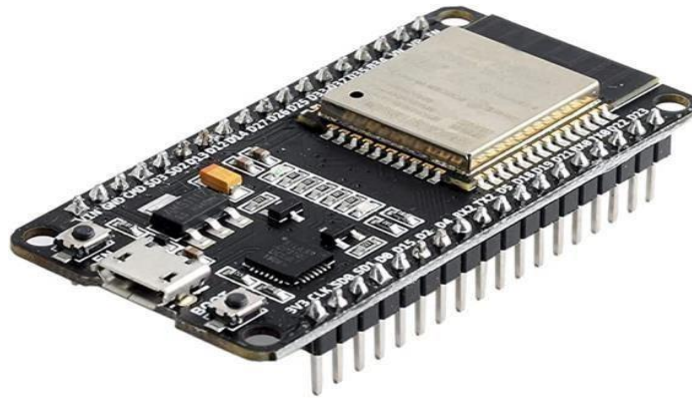


Figure II.2: La carte ESP32

II.2.1.3 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 Micro Python, ou en utilisant l'outil de développement expressif IDF (IoT Développement Framework).

II.2.2 Composant matériel:

II.2.2.1 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 musical et le décodage MP3. Au cœur de ce module se trouve la puce ESP32-D0WDQ6*. La puce intégrée est conçue pour être évolutive et adaptative. Il y a deux cœurs de processeur qui peuvent être contrôlés individuellement et la fréquence d'horloge du processeur est réglable de 80

Chapitre II: Conception matérielle et logiciel du compteur intelligent

MHz à 240 MHz.

a. Caractéristique de la carte :

Puce	ESP32WROOM 32
Microprocessor	Xtensa@dual-core32-bitLX6microprocesseur
Horologe embarqué	Oscillateurinterne8 MHz avec étalonnage
SRAM	520Ko
Flash	4Mo
Nombre de pins	38 pins
Tension de fonctionnement	3,3volts
WI-FI	Plage de fréquence: 2.4GHz
Bluetooth	v4.2BR/EDR et Bluetooth LE

Tableau II.3: Caracteristiques de la carte ESPWROOM32

b. Les entrés et les sorties de la carte ESP32 WROOM32 :

- **GPIO (General Purpose Input/Output):** L'ESP32WROOM-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'ESP32WROOM-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

Chapitre II: Conception matérielle et logiciel du compteur intelligent

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.

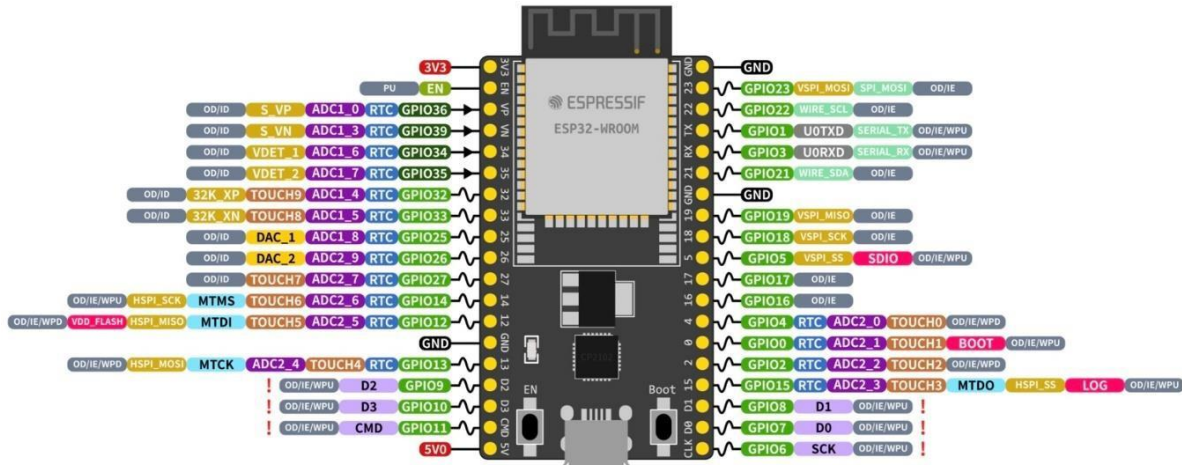


Figure II.3: Brochage du ESP32WROOM32

II.2.2.2 Le capteur de courant SCT-013:

Le SCT-013 est un capteur de courant alternatif à pince à noyau divisé non invasif qui peut être utilisé pour mesurer un courant alternatif jusqu'à 100 ampères. Un transformateur de courant (TC) est un capteur permettant de mesurer le courant alternatif. Il est particulièrement adapté à la mesure de la consommation électrique d'un bâtiment entier. Le capteur de courant SCT-013 peut être fixé directement sur des fils sous tension ou neutres sans nécessiter de travaux électriques à haute tension.



Figure II.4: Capteur de courant SCT-013

a. Les caractéristiques du capteur de courant sct-013 :

Peuvent varier légèrement en fonction du modèle spécifique que vous utilisez, mais voici généralement ce que vous pouvez attendre :

- Type de courant : alternatif (ac).
- Plage de courant : la plage de mesure dépend du modèle du capteur. Par exemple, le sct-013-000 peut mesurer jusqu'à 100 a, tandis que le sct-013-030 est conçu pour des courants jusqu'à 30 a.
- Rapport de transformation
- Signal de sortie: cc0-1V

Chapitre II: Conception matérielle et logiciel du compteur intelligent

- Non-linéarité:2-3%
- Résistance d'échantillonnage intégrée(RL):62Ω
- Rapport de rotation:1800:1
- Catégorie de résistance: Catégorie B
- Température de fonctionnement:-25°C~+70°C
- Rigidité di électrique (entre coque et sortie): 1000V AC/ 1min 5Ma

II.2.2.3 Le capteur de tension ZMPT101B:

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

Ce module comprend un transformateur ZMPT101B qui convertit la tension alternative en tension continue proportionnelle (DC), permet tant des mesures sur un microcontrôleur ou un autre appareil numérique.

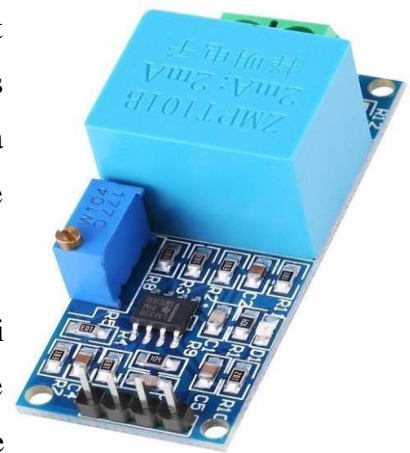


Figure II.4: Capteur de tension ZMPT101B

a. Caractéristiques :

- Dimensions: 51 x 21 x 21 mm
- Peut mesurer des tensions jusqu'à 250 volts
- Léger grâce au convertisseur de tension ultra-précis intégré
- Circuit amplificateur opérationnel intégré de haute précision
- Température de fonctionnement : 40°C à + 70°C
- Tension d'alimentation 5 volts à 30 volts

II.3 Partie Software:

II.3.1 Arduino IDE:

Chapitre II: Conception matérielle et logiciel du compteur intelligent

Arduino IDE est un environnement de développement largement utilisé pour écrire du code dans le langage Arduino C, qui convertit le code en un format exécutable pouvant être chargé dans un microcontrôleur. Cet environnement se caractérise par sa simplicité et sa facilité d'utilisation, avec une interface commune pas trop complexe. Il contient uniquement les éléments essentiels dont les programmeurs ont besoin pour démarrer le développement et charger le code directement dans le microcontrôleur. [22]

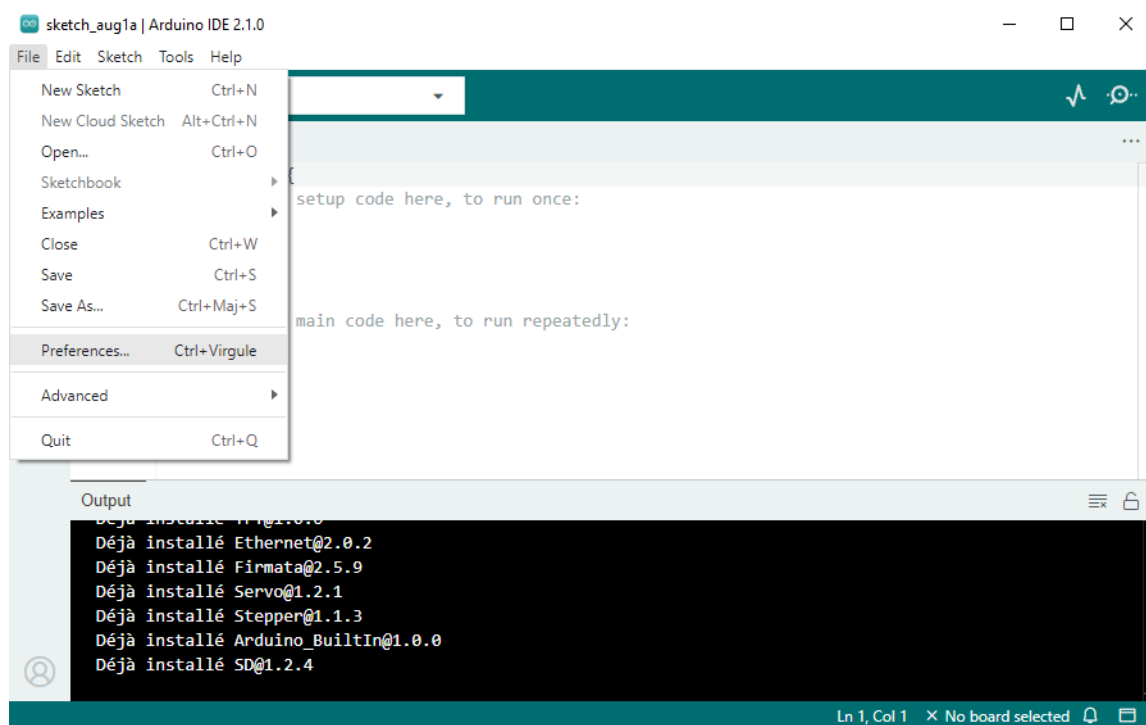


Figure II.5: Arduino IDE

II.3.2 Arduino IDE et l'ESP32 WROOM32 :

Pour exécuter le projet, j'ai programmé l'ESP32 WROOM32 à l'aide de l'IDE Arduino en suivant ces étapes :

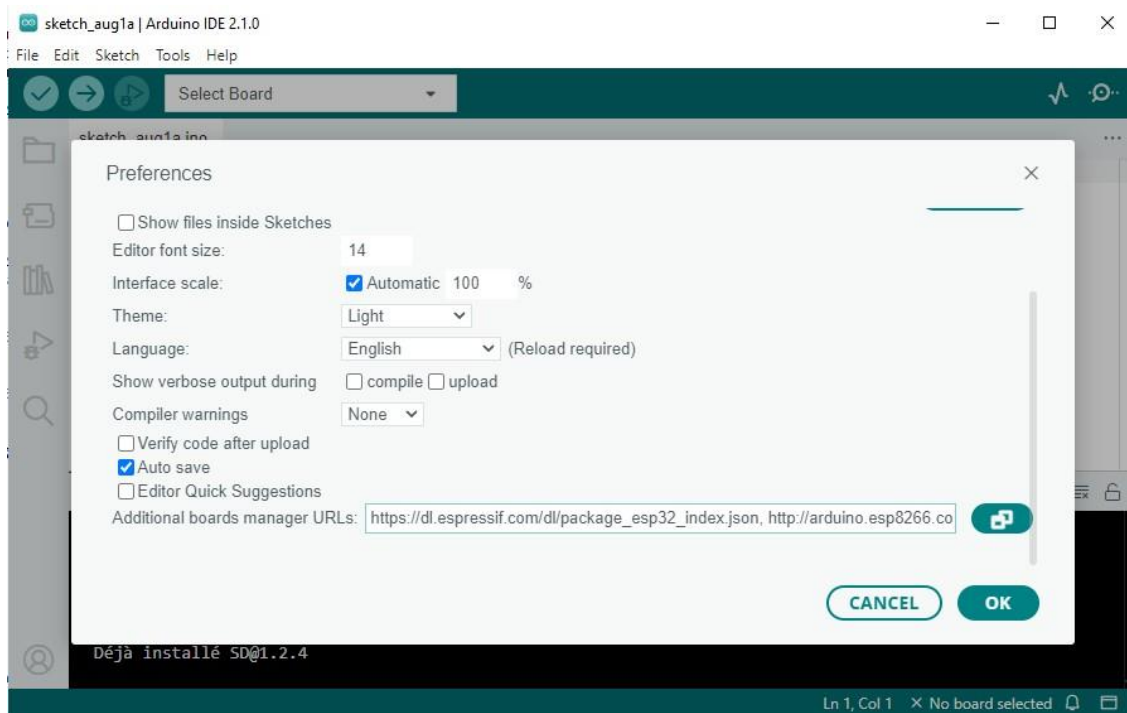
1. Ouvrez le programme Arduino IDE dans la barre de menu et sélectionnez « Paramètres » suivi de « Fichier ».



2. Lorsque la fenêtre Paramètres s'ouvre, copiez ce lien dans la section URL supplémentaires du gestionnaire de cartes et cliquez sur OK.

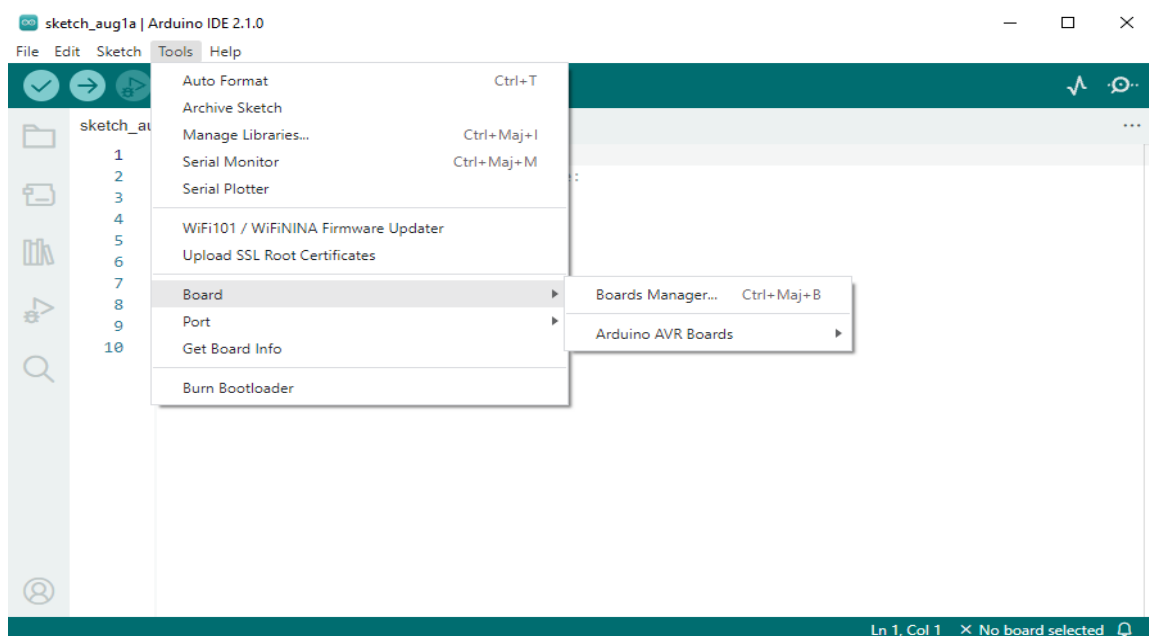
Chapitre II: Conception matérielle et logiciel du compteur intelligent

https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json, http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp



8266com_index.json

3. Dans la deuxième étape, ouvrez la liste Outils et sélectionnez Tableaux après Gérer les tableaux.

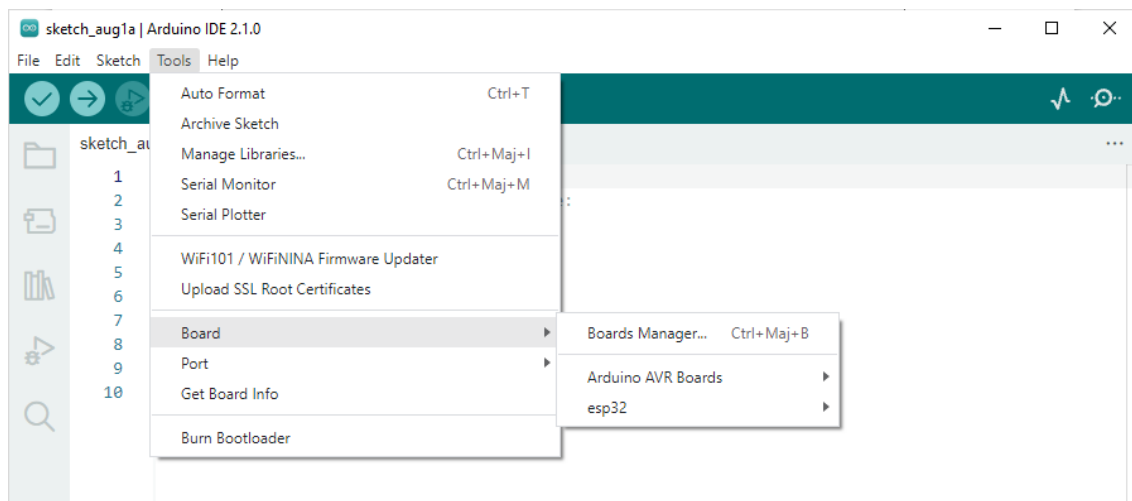


4. Pour continuer, ouvrez la fenêtre Boards Manager et recherchez le terme ESP32. Les résultats d'expressif system incluent le logiciel requis pour la carte ESP32. Cliquez sur "Installer" et attendez

Chapitre II: Conception matérielle et logiciel du compteur intelligent



5. Une fois l'installation terminée, vous serez renvoyé à la liste des cartes, suivie de Cartes. Cela signifie que vous pouvez programmer n'importe quelle carte ESP32



II.4 Conclusion:

L'un des principaux objectifs lors du développement de la carte ESP32 était d'assurer une facilité d'utilisation pour tous les groupes de personnes, permettant à chacun de réaliser un large éventail de projets électroniques sans nécessiter de connaissances technologiques approfondies. Dans cette optique, nous avons observé l'utilisation de cette carte en combinaison avec certains capteurs pour développer un compteur électrique intelligent capable de relever les données à distance. Dans la partie pratique du projet, nous examinerons de plus près cette application.

Chapitre III:

*Réalisation du
compteur
électrique
intelligent*

III.1 Introduction:

L'objectif principal de ce dernier chapitre est de mettre en œuvre les technologies de communication pour rendre les compteurs d'énergie intelligents. La première section fournit une représentation schématique d'un compteur d'énergie intelligent. La deuxième partie se concentre sur l'étude des protocoles de communication utilisés. Enfin, nous concluons ce chapitre en présentant une mise en œuvre pratique d'un compteur d'énergie en réseau et ses résultats.

III.2 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.



Figure III.15: Logo 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.

III.2.1 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.

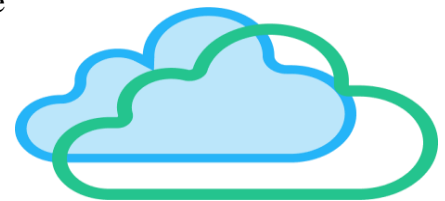
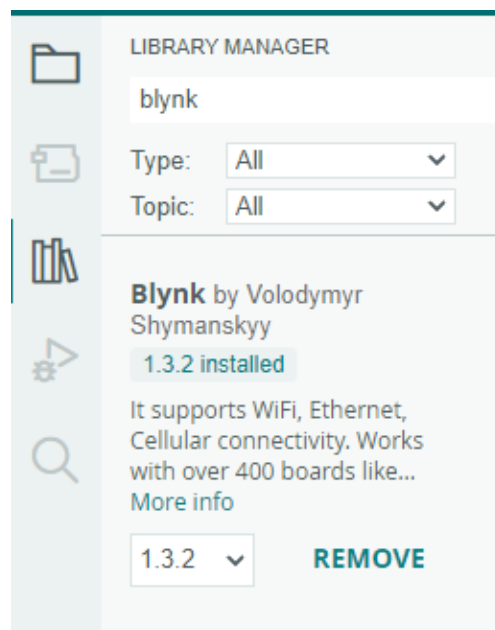


Figure III.16: logo de Blynk library

III.2.2 Installer blynk library :

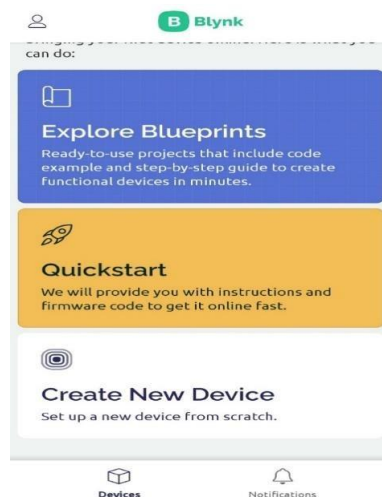
Ce fichier de bibliothèque Blynk doit être installé dans le logiciel Arduino

Chapitre III: Réalisation du compteur électrique intelligent



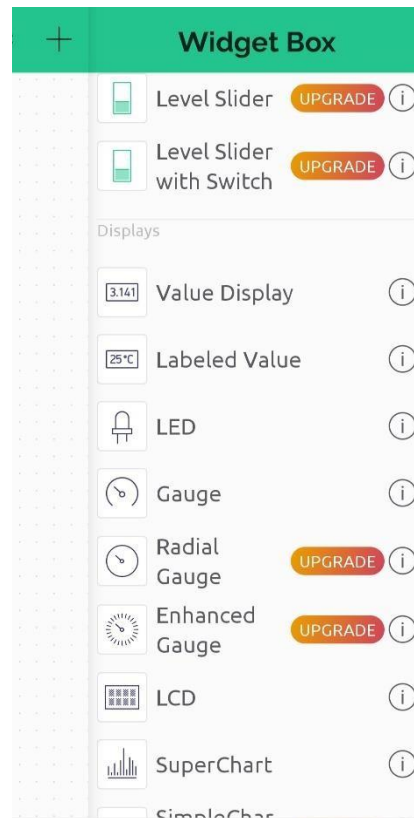
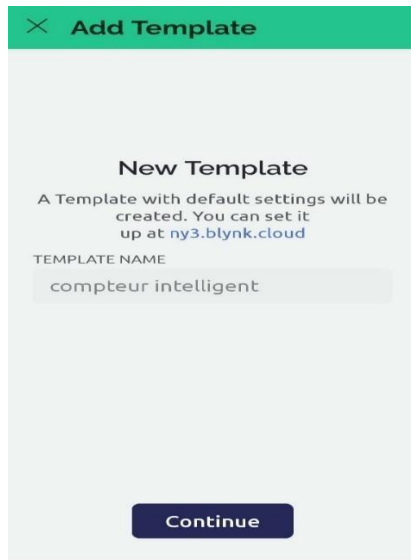
III.2.3 Création de projet de l'application blynk :

Après la création de compte, onclique en "create new device"



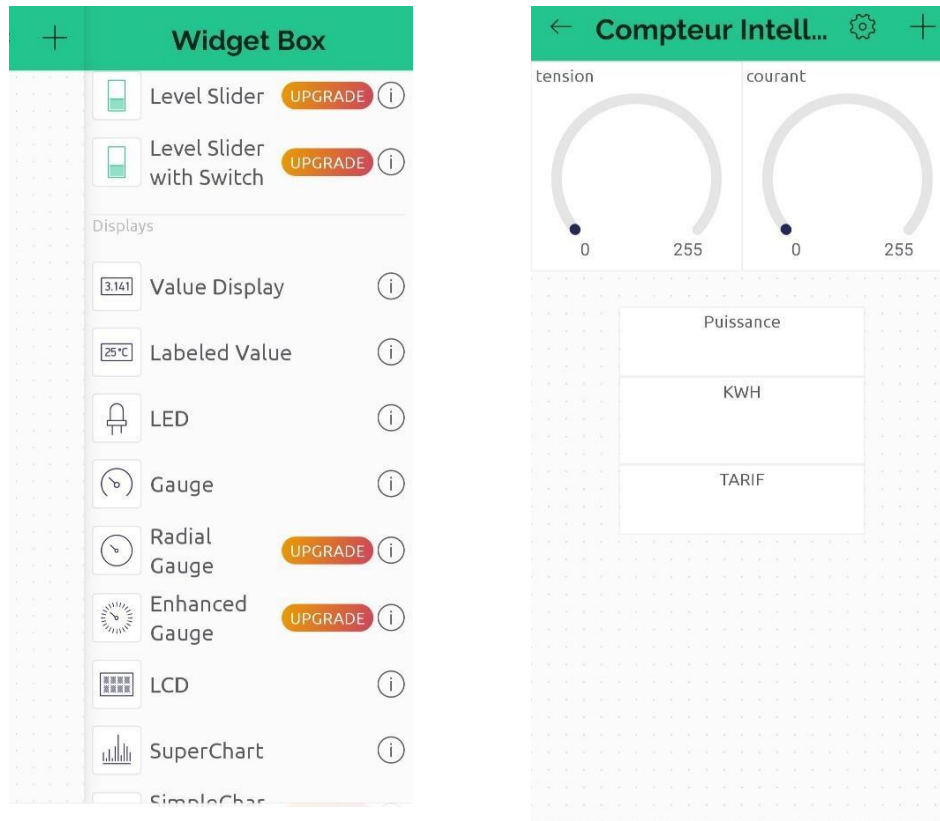
Nommer le projet

Chapitre III: Réalisation du compteur électrique intelligent



Chapitre III: Réalisation du compteur électrique intelligent

Personnaliser interface d'application



III.2.4 Paramètres du widget dans l'application blynk :

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

III.3 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.

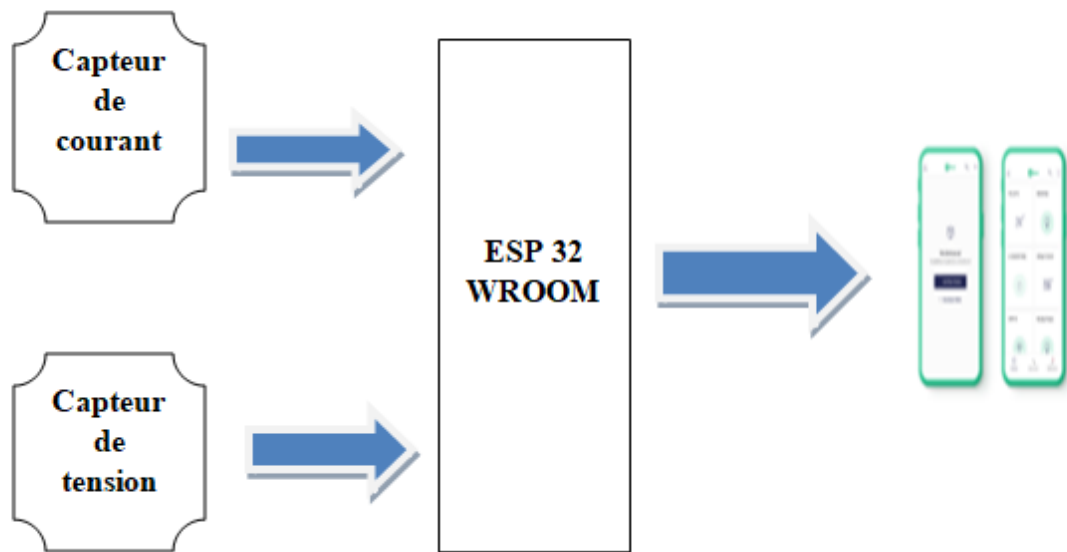


Figure III.17: Schéma synoptique de capteur intelligent d'énergie

L'organigramme de la figure III.4 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.

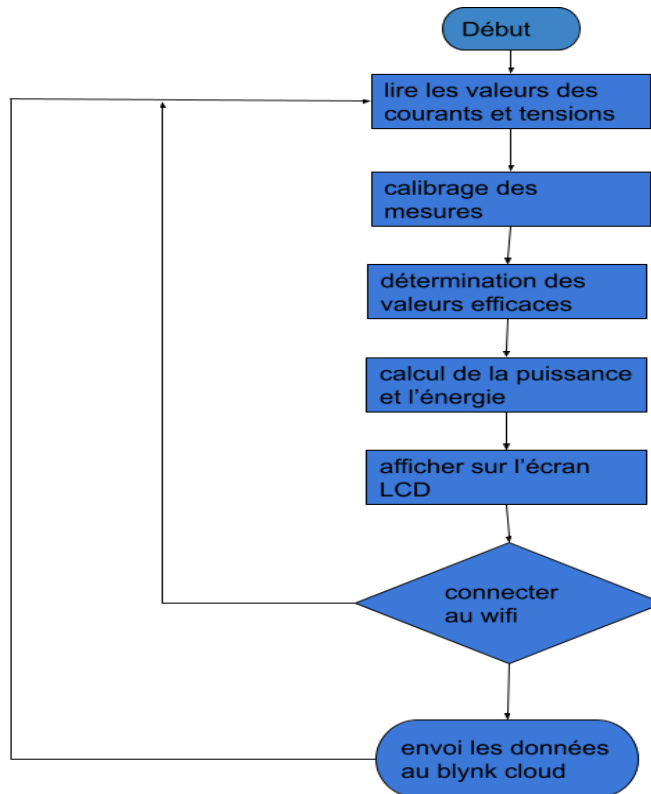


Figure III. 18: Organigramme de fonctionnement de compteur intelligent

III.4 Calcul 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:

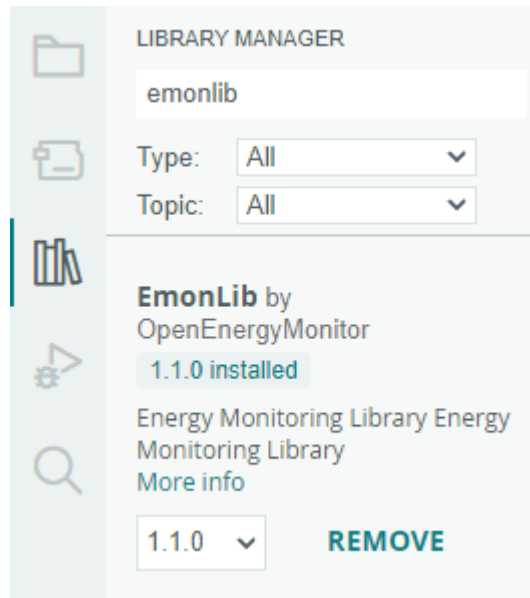
$$E = \frac{P_a}{t3600000000}$$

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



III.5 Le Protocole de communication:

III.5.1 Description du Protocole de communication

Le compteur d'énergie électrique intelligent offre aux clients la possibilité de surveiller leur consommation de puis n'importe quel en droit, en plus de leur permettre de commande certains 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 (blynkcloud).
- 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.

Chapitre III: Réalisation du compteur électrique intelligent

III.6 Réalisation et les résultats pratiques du compteur intelligent d'énergie :

III.6.1 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 10 K ohms et d'une résistance de 100 ohms sont connectées avec un condensateur de 10uF. La figure IV.5 suivante présente le circuit électronique de compteur ainsi que le câblage électrique.

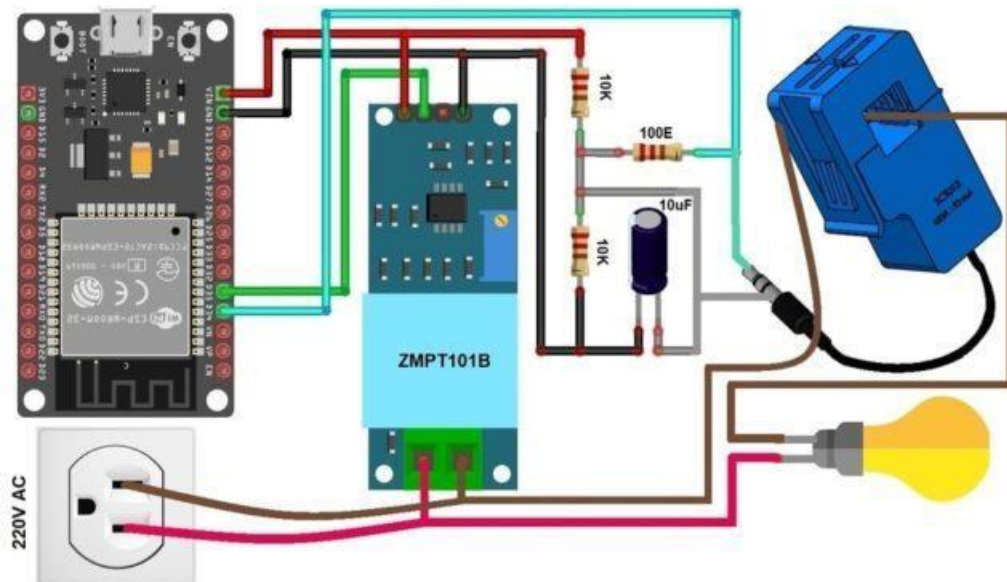


Figure III.19: Schéma global du compteur intelligent d'énergie

III.6.2 La réalisation pratique du compteur intelligent d'énergie

Les figures suivantes illustrent la réalisation pratique du compteur intelligent:

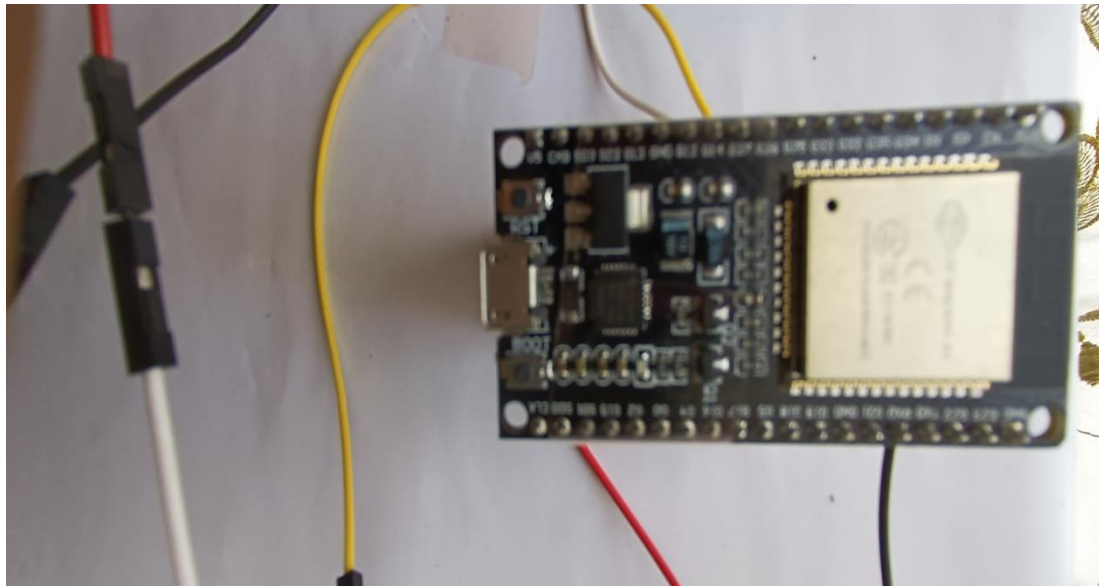


Figure III.20: Le micro contrôleur ESP32

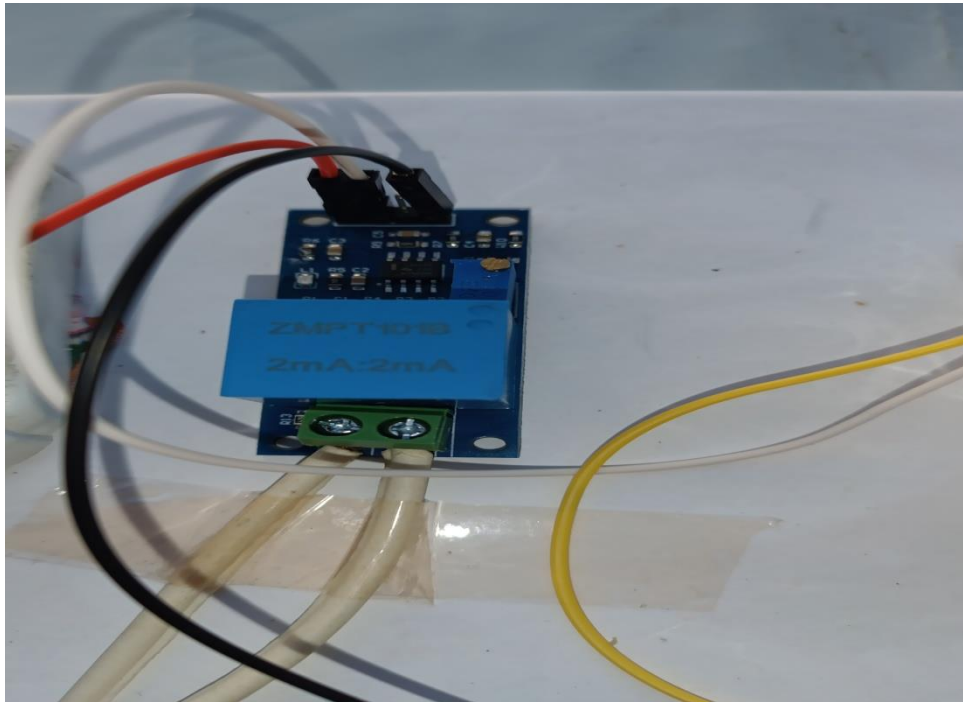


Figure III.21: Capteur de tension zmpt-101B



Figure III.22: Capteur de courant SCT-013

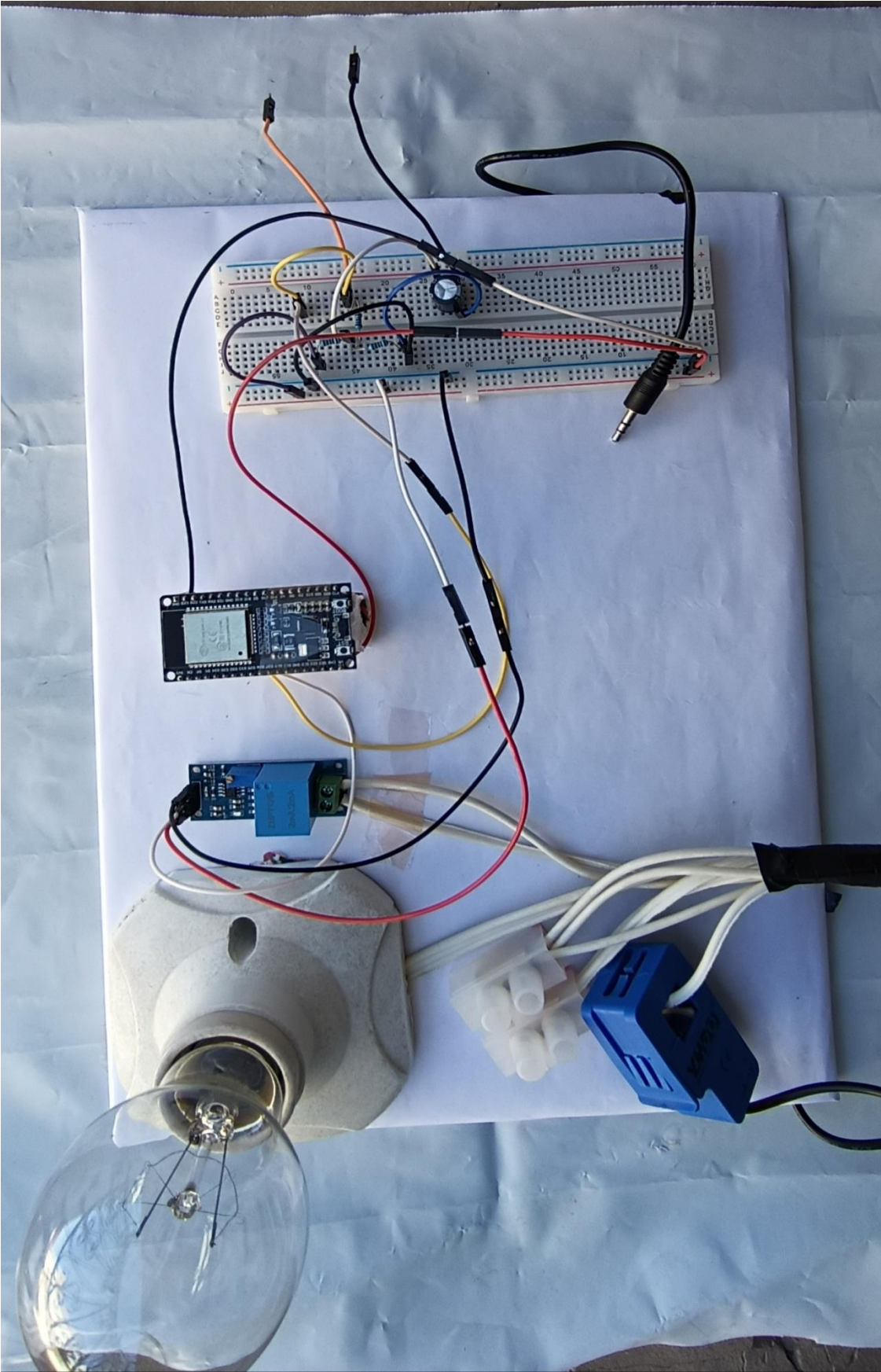


Figure III.23: La réalisation pratique du compteur intelligent

Chapitre III: Réalisation du compteur électrique intelligent

III.6.3 Les résultats pratiques

La figure suivante illustre les résultats pratiques du compteur intelligent d'énergie proposé, pour une charge résistive de type lampe:

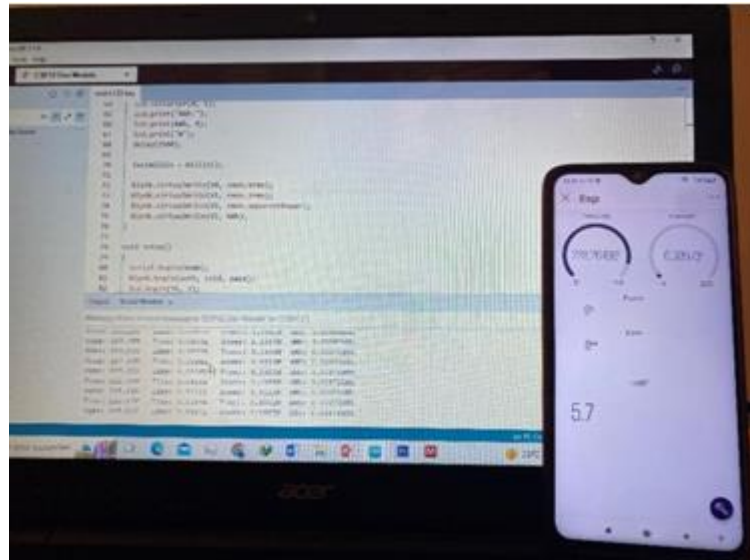


Figure III.240: L'affichage des données dans Arduino IDE et l'application blynk

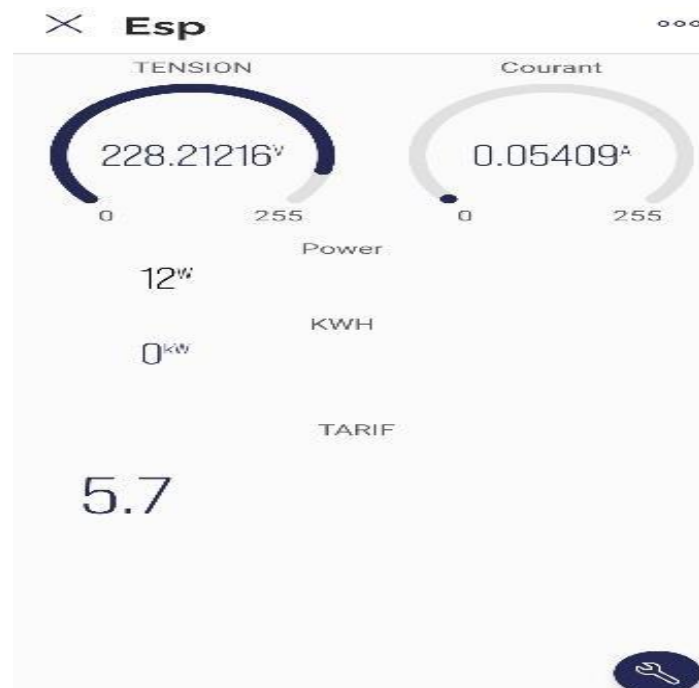


Figure III.11: L'affichage des données dans l'application blynk

Chapitre III: Réalisation du compteur électrique intelligent

III.7 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*

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, on a présenté les différents types des compteurs d'énergie, la conception, le principe de fonctionnement, et les avantages et les inconvénients de chaque type de compteurs.

Dans le deuxième chapitre, on a présenté les outils de notre projet que ce soit software ou hardware.

Le dernier chapitre a été consacré à la réalisation du compteur d'énergie intelligent par recours aux outils de communication Wi-Fi et smartphone.

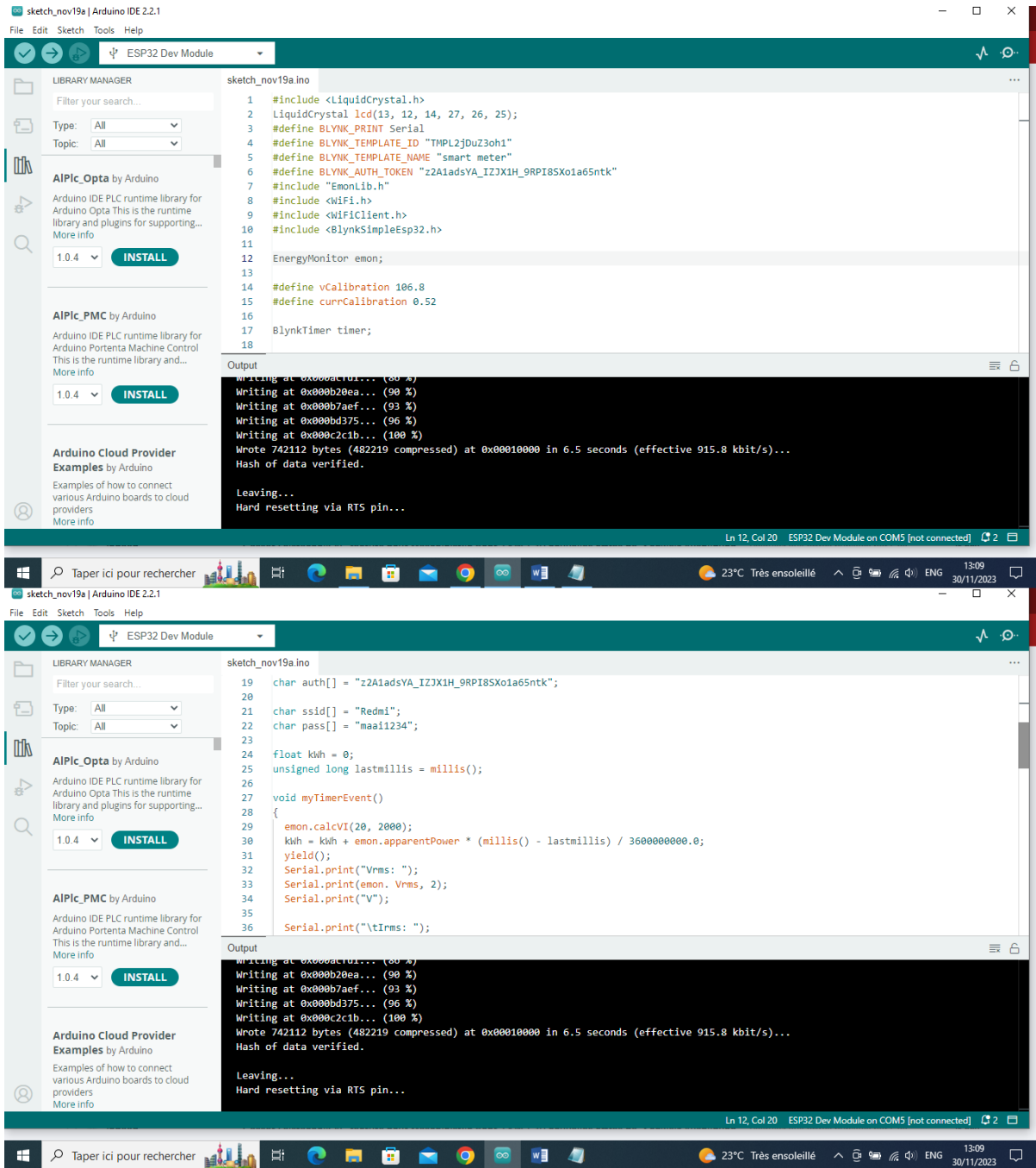
Bibliographique

- [1] BINGONOF, “cours sur la programmation des microcontrôleurs, seconde partierévision.21,2010“. http://www.ebanque-pdf.com/fr_cour-pic-bigonoff-16f877.html.
- [2] Dr. Mohamed ZELLAGUI. (Février 2018). Présentation de Comptage et CompteursÉlectrique. Institut de Formation de l'Electricité et du Gaz Centre de Formation AinM'Lila.
- [3] Lamia HASNAOUI et Salma GABBADI. (Juin 2017). Etude des compteursd'énergieélectrique.UniversitéSidiMohamedBenAbdellah.Maroc.
- [4] <https://www.expertise-energie.fr/compteurs/tout-savoir-sur-le-compteurelectromecanique/>.
- [5] “afficheur LCD“, [http:// www.es-france.com/catalogue265_501_505_577/index.html](http://www.es-france.com/catalogue265_501_505_577/index.html)
- [6] <https://in.element14.com/sensor-current-sensor-technology>
- [7] Alex CHAMORRO COLOMA. Correction de mouvements parasites en temps réelbasé sur l'interférométrie laser Self-Mixing,29 Août 2012.
- [8] Alan S. Morri, “Measurement and Instrumentation Principles”, 3ème edition, EditionButterworth-Heinemann,2001.
- [9] Dr. Mohamed ZELLAGUI. (Février 2018). Présentation de Comptage et CompteursÉlectrique. Institut de Formation de l'Electricité et du Gaz Centre de Formation AinM'Lila.
- [10] Lamia HASNAOUI et Salma GABBADI. (Juin 2017). Etude des compteursd'énergieélectrique.UniversitéSidiMohamedBenAbdellah.Maroc.
- [11] Rjeb.B, Waz .R : « Projet de réalisation d'une maquette didactique à base de pic16F877»2007

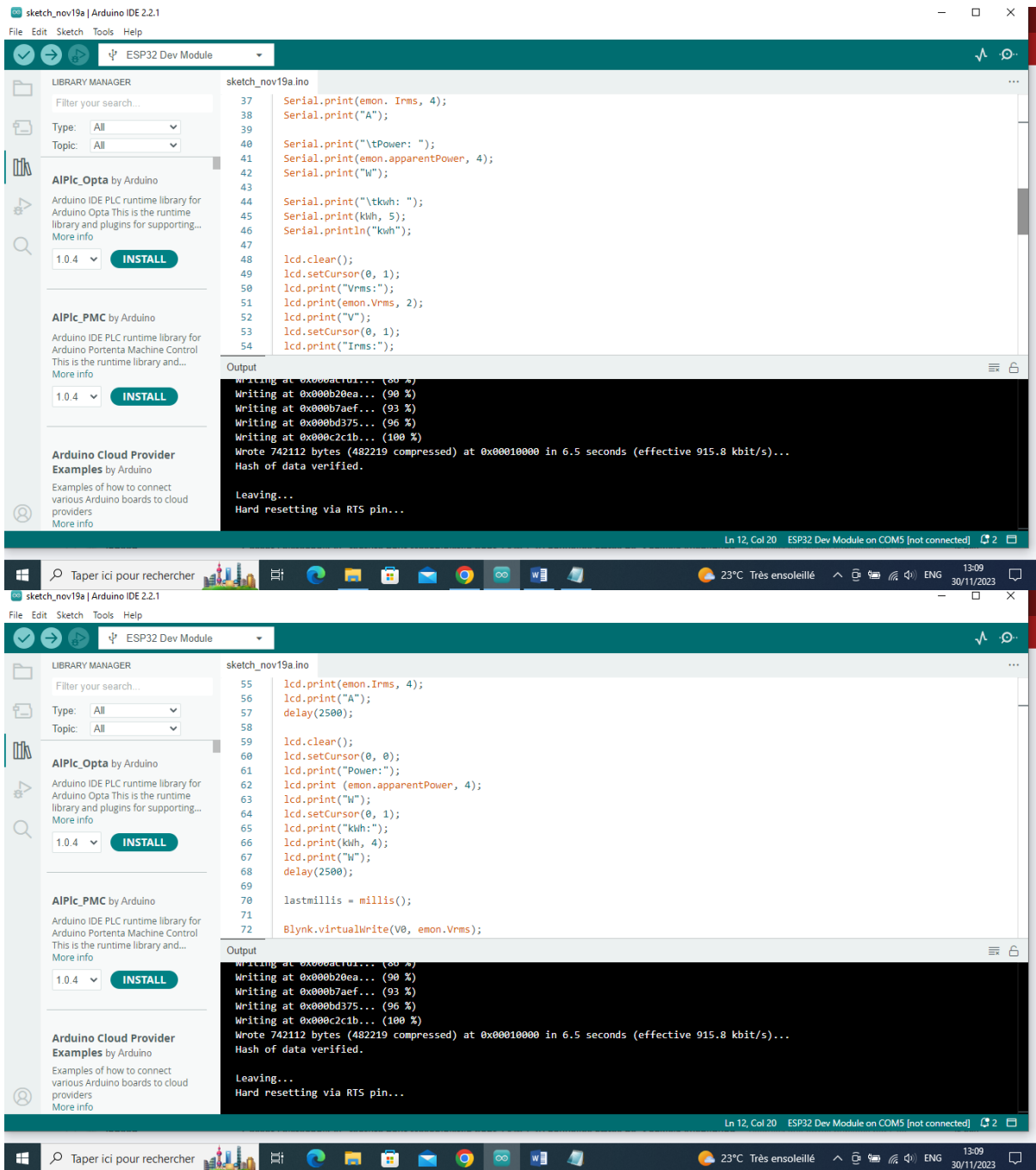
Bibliographique:

- [12] Lamia
HASNAOUI et Salma GABBADI. (Juin 2017). Etude des compteurs d'énergie électrique. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah. Maroc.
- [13] <https://www.expertise-energie.fr/compteurs/tout-savoir-sur-le-compteur-electromecanique/>
- [14] V. TOURTCHINE. Cours de programmation en mikroC. Application pour les microcontrôleurs de la famille PIC. BOUMERDES. 2012.
- [15] LOUNICI Nadia, DOUAIDI Samiha, "Etude de l'intégration d'un site photovoltaïque dans un réseau Smart Grid", Mémoire de master, Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira
- [16] Ilyes TEGANI «Optimisation et contrôle d'un micro smart grid utilisant une pile à combustible, des super condensateurs, des batteries, une éolienne et une source photovoltaïque» Université Mohamed Khider – Biskra Thèse doctorat LMD 2016.
- [17] Sybil Bartelmaos « Adaptation des Smart grids pour une meilleure intégration des énergies renouvelables » mémoire Ingénieur; université libanaise 2013.
- [18] Amir Djebiri, Hadjer Bakhaled, " Etude et réalisation d'un compteur d'énergie intelligent", Mémoire MASTER ACADEMIQUE, UNIVERSITE KASDI MERBAHOU ARGLA, 2020.
- [19] W5 TV
- [20] HUSSEIN T. MOUFTAH et al, 2016
- [21] www.espressif.com
- [22] <https://www.arduino.cc/en/software>.

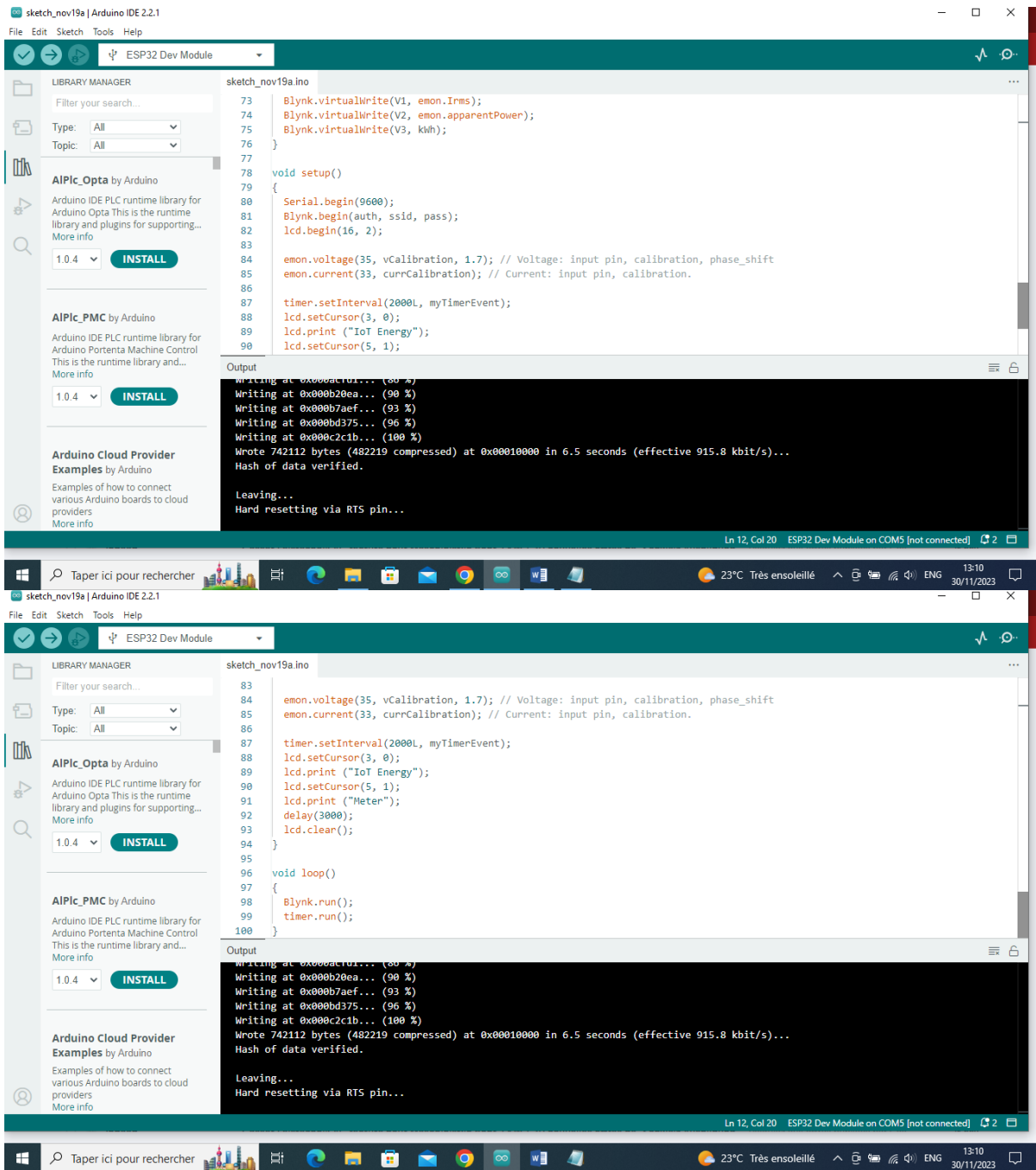
Annexe



Annexes:



Annexes:



III.7.1.1 Le code du micro contrôleur ESP32