

République Algérienne Démocratique et Populaire

**Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la
Recherche Scientifique**



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Electromécanique

Thème

**Conception et réalisation sur PROTEUS d'un
prototype de comptage d'énergie active**

Réalisé par :

- LASGA Imad Addine
- LATRI Houssam Eddine
- MANSOUR Elhachmi
- MEDELLEL Mohammed Ridha

Encadré par :

- Dr. GUIA Hossam

Année Universitaire 2021/2022



﴿ رَبَّنَا لَا تُؤَاخِذْنَا إِنْ نَسِينَا أَوْ أَخْطَأْنَا رَبَّنَا وَلَا تَحْمِلْ عَلَيْنَا إصْرًا كَمَا حَمَلْتَهُ
عَلَى الَّذِينَ مِنْ قَبْلِنَا رَبَّنَا وَلَا تُحَمِّلْنَا مَا لَا طَاقَةَ لَنَا بِهِ وَاعْفُ عَنَّا وَارْحَمْنَا أَنْتَ
وَارْحَمْنَا أَنْتَ مَوْلَانَا فَانصُرْنَا عَلَى الْقَوْمِ الْكَافِرِينَ ﴾ سورة البقرة : الآية 286 .

" صدق الله العظيم "



Remerciements

Tout d'abord, je remercie dieu -ALLAH- de tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience durant toutes ces années d'études.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude et mes sincères remerciements à Monsieur

*Dr : GUIA Housseem, Docteur à L'Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued ,
pour avoir dirigé ce travail.*

Mes sincères remerciements aux messieurs les membres du jury pour l'honneur qu'ils me font en participant au jugement de ce travail.

Nous tenons à remercier vivement toutes personnes qui nous ont aidé à élaborer et réaliser ce mémoire, ainsi à tous ceux qui nous aidés de près ou de loin à accomplir ce travail.

En fin je remercie tout particulièrement mes parents, pour leur soutien inconditionnel tout au long de ces longues années d'études.





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À mes très chers parents qui m'ont soutenu durant toute la durée de mes études.

À mes très chères sœurs et à ma grande famille.

À tous mes amis.

À tous ceux qui m'aiment et que j'aime

À vous.



الملخص

résumé

Abstract

Résumé

Le compteur d'énergie qui a pour rôle le calcul de la consommation ainsi que l'établissement de la facture, est un élément essentiel pour les sociétés de l'électricité. L'objectif des études proposées est de développer (concevoir, produire) de nouveaux types de systèmes de mesure d'énergie Active pour les consommateurs d'énergie monophasés..

Mots-clés : Energie active, shunt sensor ,RMS, programmation C, microcontrôleur DSPIC

Abstract

The energy meter, which has the role of calculating consumption as well as establishing the bill, is an essential element for electricity companies. The objective of the proposed studies is to develop (design, produce) new types of Active energy measurement systems for single-phase energy consumers.

Keywords: Active energy, shunt sensor, RMS, C programming, DSPIC microcontroller

المخلص

يعد عداد الطاقة ، الذي له دور في حساب الاستهلاك وكذلك إنشاء الفاتورة ، عنصرًا أساسيًا لشركات الكهرباء. الهدف من الدراسات المقترحة هو تطوير (تصميم وإنتاج) أنواع جديدة من أنظمة قياس الطاقة النشطة لمستهلكي الطاقة أحادي الطور.

الكلمات المفتاحية: الطاقة النشطة ، مستشعر التحويل ، RMS ، برمجة C ، متحكم DSPIC



Sommaire

Dédicace

Remerciement

Résumé

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale

a

CHAPITRE I : Généralités sur les compteurs électriques	
I.1.Introduction	3
I.2.Les compteurs électriques	3
I.3Historique	3
I.4Le développement des compteurs d'énergie électrique	4
I.5.Types de compteurs électriques	4
I.5.1.Compteur électromécanique	4
I.5.1.1.Définition :	4
I.5.1.2.Le principe de fonctionnement et la conception :	5
I.5.1.3.Les avantages et les inconvénients d'un compteur électromécanique (Classique)	7
I.5.2.Compteur électronique	8
I.5.2.1.Le principe de fonctionnement et la conception	9
I.5.2.2.Les avantages et les inconvénients d'un compteur électronique (numérique)	11
I.5.3.Compteur électrique intelligent	12
I.5.3.1.Définition	12
I.5.3.2.Fonctionnement	13
I.6.Le compteur électrique intelligent et la consommation d'électricité	13
I.6.1.Les avantages et les inconvénients des compteurs intelligents	13
I.6.2.Structure d'un compteur intelligent	13
I.6.3.Les compteurs modulaires	14
I.6.3.1.Définition	14
I.6.3.2.Différentes types de compteurs modulaires	15
I.7.Les compteurs de type central de mesure	16
I.7.1.Définition	16

I.7.2.Installation des centrales de mesure	17
I.7.2.1.Les principaux paramètres mesurés par une centrale	18
I.7.3.Compteur de consommation d'appareillage	19
I.7.3.1.Définition	19
I.7.3.2.Principe de fonctionnement	19
I.7.4.Compteur électrique communicant	19
I.7.4.1.Définition	19
I.7.4.2.Principe de fonctionnement	20
I.8.Type de comptage	21
I.8.1.Comptage Classique	21
I.8.2.Comptage Electronique	21
I.8.2.1.Principe de Comptage Électrique	21
I.9. Généralité sur les valeurs efficaces	22
I.9.1 Définitions	22
I.9.2 Mesures des valeurs efficaces	23
I.10.Conclusion	24
CHAPITRE II : Description du logiciel PROTEUS et microcontrôleur DSPIC	
II.1.Introduction	27
II.2.Présentation du logiciel proteus	27
II.2.1 ISIS	27
II.2.2 ARES	30
II.3.Présentation générale du projet	31
II.3.1.Principe de fonctionnement	31
II.5.Description des différents composants utilisés	32
II.5.1.Etapes de la réalisation	32
II.5.1.1.Etapes1: Bloc d'alimentation	32
II.5.1.2.Etapes2: capteur de tension	32
II.5.3. Capteur de tension capacitive	33
II.5.4. Capteur de tension résistive	34
II.5.4.Résistive Voltage Sensor	34
II.5.5.Avantages des capteurs de tension par rapport aux techniques de mesure conventionnelles	36
II.5.6.Applications des capteurs de tension	36
II.5.7.Déphasage de tension	37

II.5.8. Capteur de courant	38
II.5.9. Capteur de courant ACS712	38
II.5.10. Généralités DSPic	40
II.5.10.1. Présentation du dsPIC33F	40
II.6. Afficheur LCD	41
II.7. Organigramme	43
II.8. programmation	44
II.8.1 Présentation de Compilateur mikroC POUR PIC	44
II.9. Conclusion	44
CHAPITRE III : Tests, interprétation des résultats	
III.1. INTRODUCTION	46
III.2. Charge résistive	46
III.3. Charge inductive	47
III.3. Charge capacitive	48
III.4. Le courant alternatif	48
III.5. La puissance en alternatif sinusoïdal (raisonnements en régime monophasé)	49
III.6. CONCLUSION	52
Conclusion générale	54
Bibliographique	



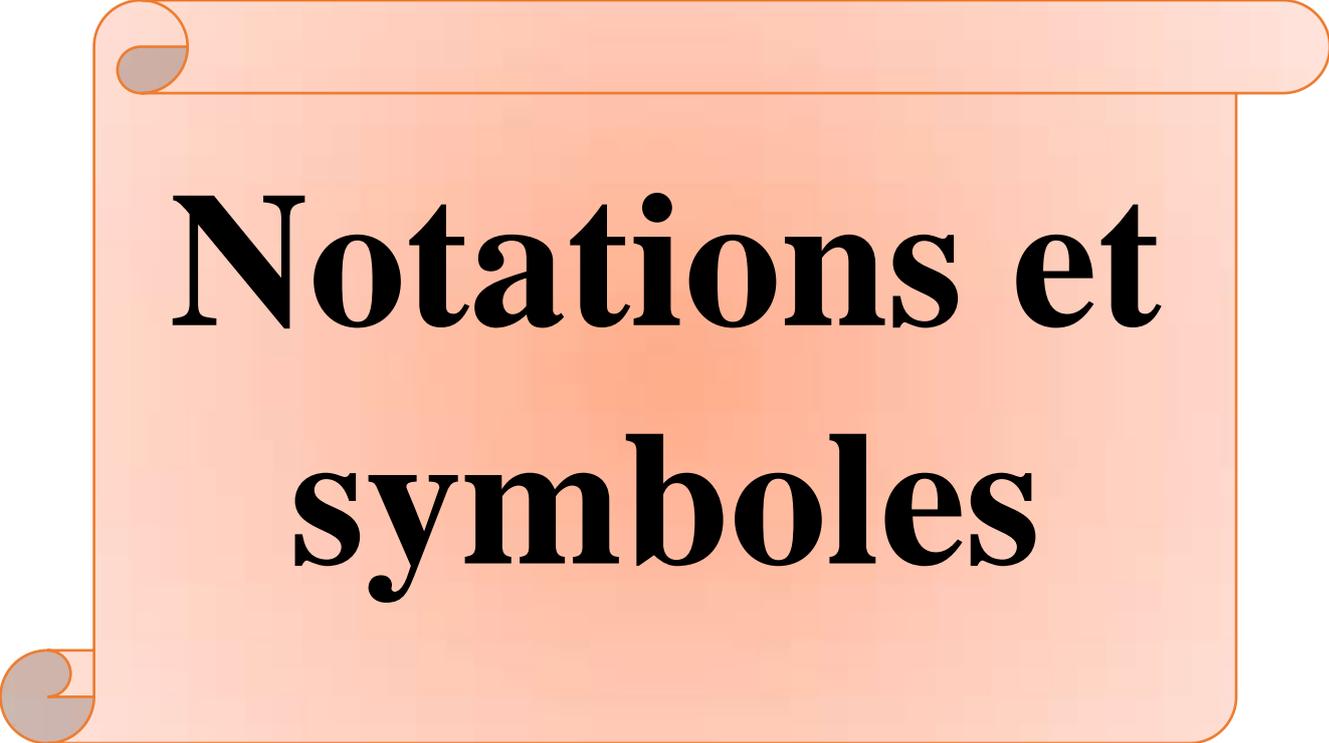
LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Page

Chapitre I : Généralités sur les compteurs électriques		
Figure 1	<i>Compteur électromécanique</i>	5
Figure 2	<i>Le principe de fonctionnement du compteur électromécanique</i>	5
Figure 3	<i>Les index Compteur électromécanique</i>	6
Figure 4	<i>Coupe transversale compteur électromécanique</i>	7
Figure 5	<i>Compteur électronique</i>	9
Figure 6	<i>Compteur électronique</i>	10
Figure 7	<i>Compteur d'énergie électronique</i>	11
Figure 8	<i>Schéma d'un compteur électronique et Compteur électrique intelligent</i>	12
Figure 9	<i>Structure matérielle d'un compteur intelligent</i>	14
Figure 10	<i>Un compteur modulaire monophasé</i>	15
Figure 11	<i>Compteurs électriques EDF</i>	15
Figure 12	<i>Les compteurs électriques exports</i>	16
Figure 13	<i>Les compteurs électriques mobiles</i>	16
Figure 14	<i>Centrale de mesure recdigit NODUSTM et POWER</i>	17
Figure 15	<i>L'architecture d'une centrale de mesure</i>	18
Figure 16	<i>Un consomètre</i>	19
Figure 17	<i>Un compteur communiquant</i>	20
Figure 18	<i>Principe de fonctionnement du compteur communiquant</i>	20
Figure 19	<i>Comptage Quatre Quadrants</i>	21
Figure 20	<i>Principe de Comptage Électrique</i>	21
Chapitre II : Description du logiciel PROTEUS et microcontrôleur DSPIC		
Figure 1	<i>L'interface du sous-programme Proteus isis</i>	28
Figure 2	<i>Organisation de Barre d'outils de sélection des Modes ISIS</i>	29
Figure 3	<i>Fenêtre du module Proteus ARES</i>	30
Figure 4	<i>Les différentes phases de la réalisation</i>	31
Figure 5	<i>schéma synoptique de la carte</i>	31
Figure 6	<i>La alimentation</i>	32
Figure 7	<i>Types de capteurs de tension</i>	33
Figure 8	<i>Capteur de tension résistive</i>	35
Figure 9	<i>diviseur résistif</i>	35

Figure 10	<i>Déphasage de tension</i>	37
Figure 11	<i>Filtrage</i>	37
Figure 12	<i>Circuit de capteur de courant ACS712 - 30A</i>	39
Figure 13	<i>Modèle du DSPIC33FJ32GP202</i>	40
Figure 14	<i>schéma « ISIS » de câblage de DSPIC33FJ32GP202</i>	41
Figure 15	<i>Afficheur LCD et son brochage</i>	42
Figure 16	<i>Afficheur LCD alphanumérique 2 × 16</i>	43
Figure 17	<i>Organigramme</i>	43
Figure 18	<i>Schéma générale dans <isis></i>	44
Chapitre III : Tests, interprétation des résultats		
Figure 1	<i>Courbe de charge résistive</i>	46
Figure 2	<i>Montage Charge résistive dans isis</i>	46
Figure 3	<i>Valeur d'énergie active et la puissance active dans l'écran lcd</i>	46
Figure 4	<i>Courbe de charge inductive</i>	47
Figure 5	<i>Montage Charge inductive dans isis</i>	47
Figure 6	<i>Valeur d'énergie active et la puissance active dans l'écran lcd</i>	47
Figure 7	<i>Courbe de charge capacitive</i>	48
Figure 8	<i>Montage Charge capacitive dans isis</i>	48
Figure 9	<i>Valeur d'énergie active et la puissance active dans l'écran lcd</i>	48
Figure 10	<i>Puissance instantanée $p(t) = v(t).i(t)$ pour 3 types de charge</i>	50



Notations et symboles

Liste des Abréviations

DC: Courant Continu (Direct Current)

AC: Courant Alternatif (Alternative Current)

I_{eff}: Courant efficace

E_{eff}: Tension efficace



Introduction générale

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'électricité représente désormais une partie importante de l'énergie consommée dans le monde. Depuis les années 1990, elle mène des recherches sur un enjeu social et un effet de serre importants.

La production d'électricité peut avoir différentes sources, la plus courante étant d'utiliser un générateur qui convertit l'énergie mécanique en énergie électrique. Cette énergie mécanique provient généralement d'une source d'énergie primaire (fossile, nucléaire ou renouvelable). L'électricité peut également provenir de l'énergie hydraulique, de l'énergie éolienne, des réactions chimiques comme les batteries ou du rayonnement, comme les panneaux solaires. La nécessité de produire de l'électricité en réduisant les émissions de carbone et en promouvant les énergies renouvelables est désormais au centre des préoccupations.

Une caractéristique remarquable de l'électricité est un type d'énergie qui ne peut pas être stocké directement, sauf dans des cas particuliers.

Pour cette raison, il est nécessaire de produire le courant demandé par les clients quand ils en ont besoin, pour fournir la consommation de pointe qui détermine la capacité requise pour la production, le transport et la distribution du courant électrique des installations. Pour limiter au maximum cette capacité, les sociétés de distribution tentent d'offrir aux utilisateurs des prix variables en fonction des heures, des jours et des saisons pour inciter les réseaux à ajuster leurs demandes pour rationaliser la courbe de charge. En particulier, ne provoquez pas de dysfonctionnements généraux, car cela arrive parfois. C'est pour cela, les fabricants de compteurs ont dû développer des systèmes de mesure plus ou moins complexes qui non seulement enregistrent la consommation d'énergie électrique mais gèrent également des tarifs multiples qui prennent en compte au mieux le prix de revient instantané de cette énergie. Les modifications tarifaires sont effectuées par des horloges des systèmes de télécommande centralisés ou d'autres dispositifs de communication ou de gestion. Les compteurs électromécaniques sont utilisés depuis longtemps et ont résolu la plupart des problèmes qui se sont posés, mais les progrès de l'électronique et de l'informatique ont conduit à moins de volume et à des systèmes mieux adaptés. Beaucoup plus, c'est la naissance des compteurs communiquant pour l'amélioration de la gestion de l'énergie électrique..

Chapitre I

Généralités sur les compteurs
électriques

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, 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.2.Les compteurs électriques

Le compteur électrique est un appareil électrotechnique qui permet de mesurer la consommation électrique d'une installation en kWh, que ce soit au sein d'une habitation ou dans des lieux d'activités professionnelles ou industrielles.

Cet appareil s'intègre dans un circuit électrique, et permet aux fournisseurs d'électricité de comptabiliser l'énergie consommée par un client et de facturer ce dernier en conséquence.

I.3Historique

dès le début de l'électrification, à la fin du 19e siècle, les sociétés de distribution d'électricité ont eu à résoudre le problème de la facturation des services rendus à leur clientèle. Faute d'appareils de mesure appropriés, elles ont souvent eu recours à des tarifs forfaitaires peu satisfaisants. L'invention de compteurs d'énergie électrique assez précis et peu coûteux a permis d'instaurer des systèmes de tarification plus élaborés.

Cependant, il ne suffit pas de savoir mesurer les consommations d'énergie 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 demeure pas moins que l'outil de base indispensable à toute opération de tarification ou de facturation de l'énergie électrique reste le compteur d'électricité.

On peut définir un compteur d'électricité 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] :

$$\int_0^t x(t)dt \quad (I.1)$$

Et qui donne à chaque instant (ou pratiquement à chaque instant) le résultat actuel de cette intégration soit sous forme convenant à une lecture directe, soit sous toute autre forme adaptée à l'utilisation envisagée.

I.4 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 $3,6 \times 10^6$ J.

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]

I.5. Types de compteurs électriques

On distingue 3 types de compteurs électriques.

I.5.1. Compteur électromécanique

I.5.1.1. 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.

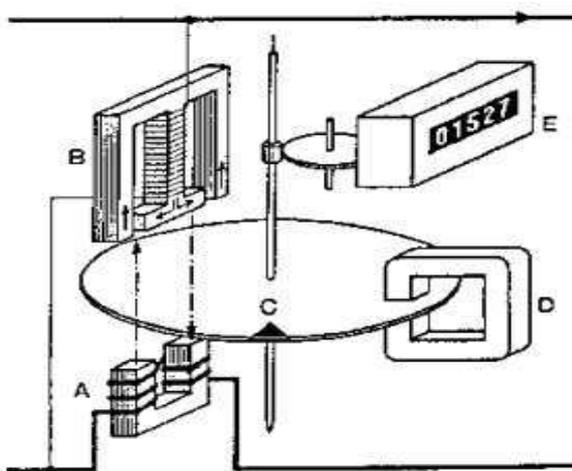


Figure I.1: Compteur électromécanique

I.5.1.2. Le 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.
- (D) L'aimant de freinage.
- (E) Le totaliseur d'énergie constitué d'un ensemble d'engrenages qui actionne un dispositif d'affichage.



- (A) Bobine courant
- (B) Bobine tension
- (C) Disque (courants de Foucault)
- (D) Aimant permanent
- (E) Afficheur

Figure I.2: Le principe de fonctionnement du compteur électromécanique

Le compteur électromécanique a pour fonction de comptabiliser la quantité d'énergie électrique consommée dans un lieu alimenté par cette énergie. Il s'agit d'un boîtier repérable par sa forme carrée. Il se fixe à la paroi au moyen de trois points d'attache

Il est équipé d'un index à défilement mécanique. Cet index comporte[2] :

- 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.

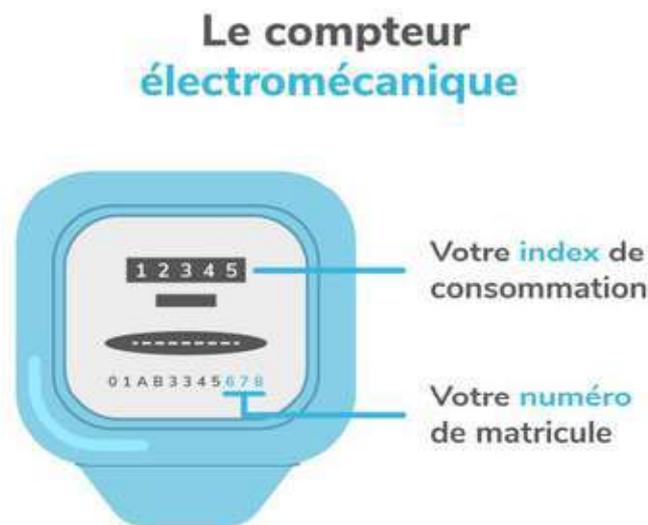


Figure I.3: Les index Compteur électromécanique

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.

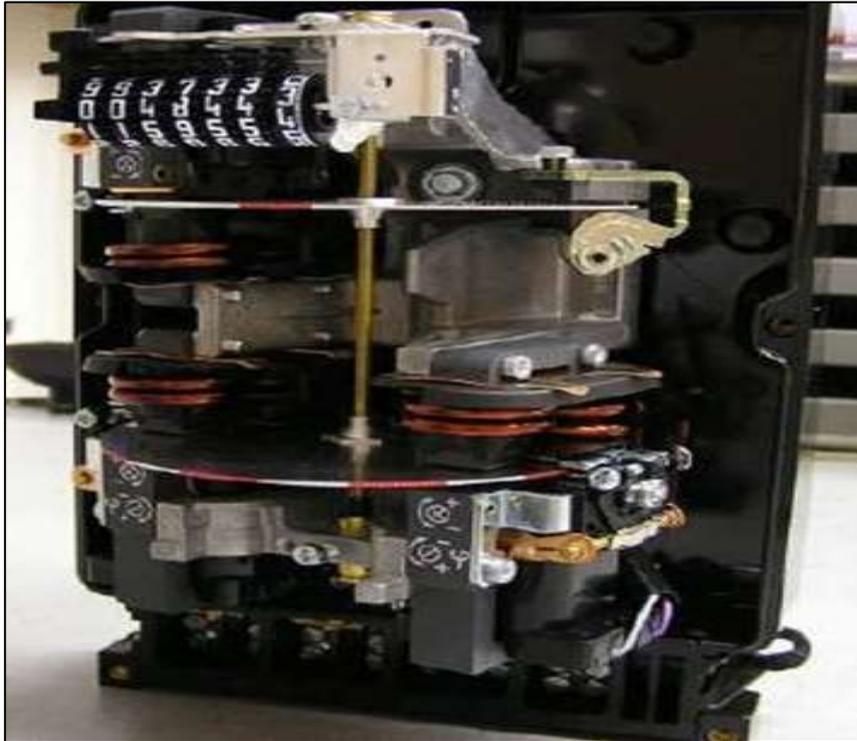


Figure I.4: Coupe transversale compteur électromécanique

Le comptage de l'énergie s'effectue en comptant le nombre de rotations d'un disque mobile qu'est monté sur un axe tournant avec un mécanisme de comptage mécanique. Ce disque est soumis aux champs magnétiques alternatifs produits grâce à deux électroaimants disposés au-dessus et en dessous du disque.

Chaque aimant est traversé par un courant électrique, l'un est parcouru par le courant circulant dans le fil de phase et l'autre par un courant proportionnel à la tension du réseau. Le disque opère un mouvement de rotation dont la vitesse est proportionnelle à la consommation d'électricité et il indique la consommation d'électricité depuis sa mise en service. En plus de cela pour les compteurs triphasés, ils sont constitués des mêmes éléments que les compteurs monophasés, mais à la différence de ceux-ci, ils comportent deux ou trois bobines tension et intensité. Leur équipement mobile est constitué soit d'un disque, soit de deux ou trois disques solidaires. [7]

I.5.1.3. Les avantages et les inconvénients d'un compteur électromécanique (Classique) :

a. Les avantages :

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

- 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.

- Convient aux réseaux de faible qualité.
- Le 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.

b. Les inconvénients :

Tandis que ce compteur électromécanique procure à leurs utilisateurs une foule d'avantages, il leur pose des inconvénients et des problèmes comme :

- 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. [9]

I.5.2.Compteur électronique :

Les compteurs électroniques sont apparus dans la seconde moitié du XX^{ème} siècle, à partir des années 1950, et correspondent à la deuxième génération d'appareils installés, après les compteurs électromécaniques. De nombreux foyers français en sont encore équipés aujourd'hui. On les reconnaît généralement à leur forme rectangulaire et à leur couleur blanche ou beige.

Peu à peu, les compteurs électroniques sont remplacés par les compteurs Linky, de dernière génération. Ils sont donc amenés à disparaître dans les années à venir.



Figure I.5:Compteur électronique

I.5.2.1.Le principe de fonctionnement et la conception

Les compteurs électroniques, qui ont peu à peu remplacé les compteurs électromécaniques, ne sont pas dotés d'un disque, mais d'un écran, ce qui permet un affichage digital. [11]

Ce compteur renferme un conducteur en forme de « U ». L'électricité, qui est distribuée par Enedis, le gestionnaire de réseau, rentre par la première branche du U et ressort par la deuxième en quantité nécessaire par rapport à votre utilisation. Le compteur est entouré d'un capteur dit « à effet Hall », qui produit une tension qui reproduit celle du courant sortant. C'est l'action de ce capteur qui permet d'estimer votre consommation en électricité et de l'afficher directement sur l'écran.

Le compteur est aussi doté d'un voyant lumineux, qui clignote plus ou moins intensément en fonction de votre consommation.

Le compteur électronique peut afficher plusieurs informations, parmi lesquelles :

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

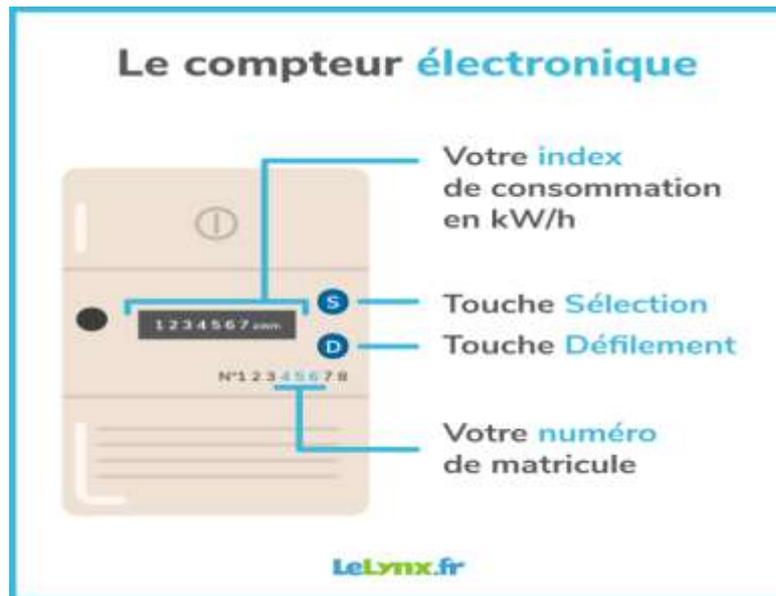


Figure I.6: Compteur électronique

Si vous êtes client chez EDF et que vous avez souscrit l'option Tempo, vous pouvez appuyer 6 fois sur le bouton défilement pour afficher les détails des données concernant les Heures pleines/Heures creuses en fonction des jours. [5]

- **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.

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

$$P_a = \frac{1}{T} \int_0^t u(t)i(t)dt \quad (I.2)$$

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 :

$$EE = PP_{aa} . tt$$

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 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. [1]

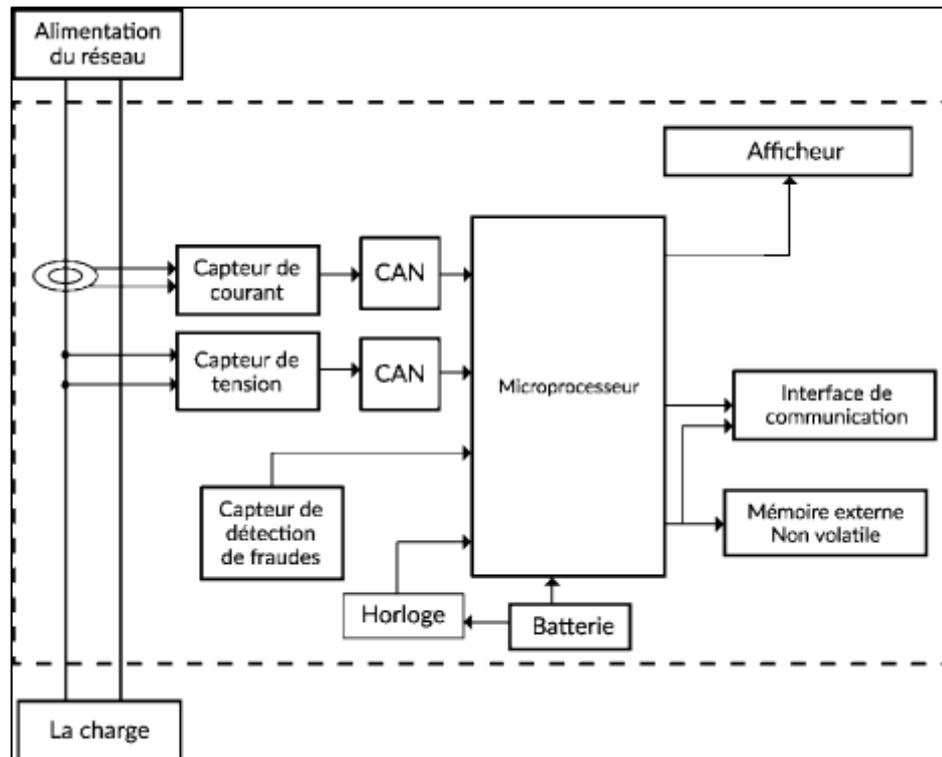


Figure I.7: Compteur d'énergie électronique

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

I.5.2.2. Les avantages et les inconvénients d'un compteur électronique (numérique)

a. 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

b. 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.

I.5.3.Compteur électrique intelligent

I.5.3.1.Définition

Le compteur intelligent (Smart Meter) est un compteur d'électricité dont la technologie permet de mesurer et d'enregistrer en permanence votre consommation en temps réel.

Ce compteur intelligent connecte et transmet également les informations collectées via différents canaux (flux opérateur, Internet et téléphone). [11]

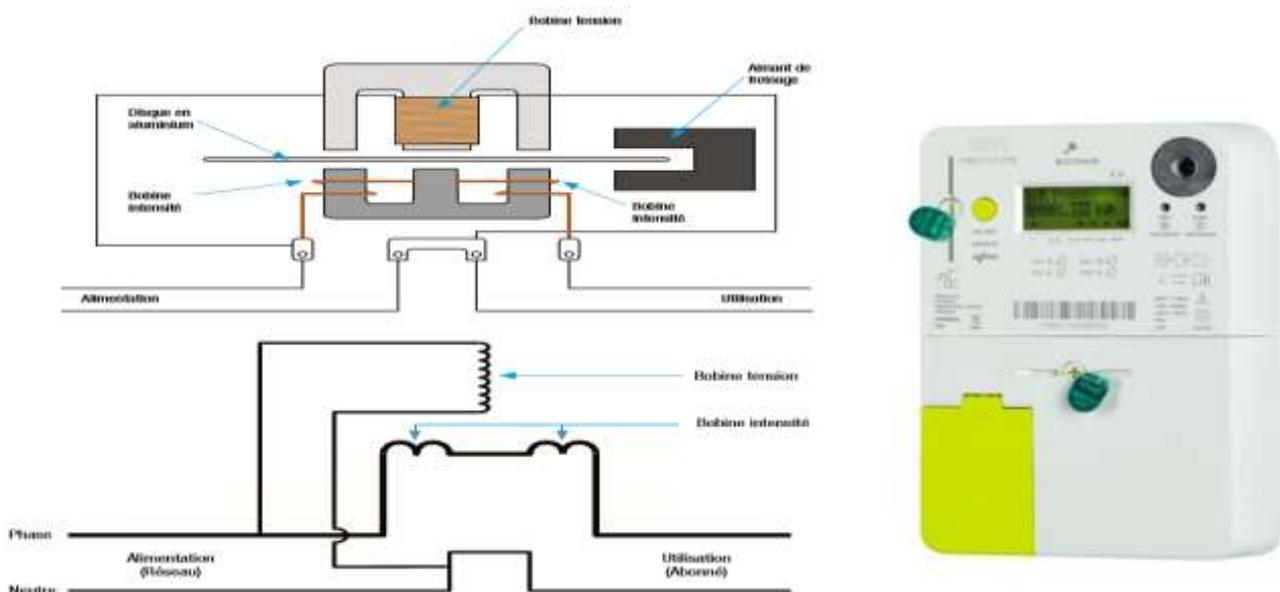


Figure I.8: Schéma d'un compteur électronique et Compteur électrique intelligent

I.5.3.2.Fonctionnement

Contrairement aux compteurs électromécaniques qui doivent être lus manuellement, les compteurs intelligents :

- Enregistrent 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. [12]

I.6.Le 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. [13]

I.6.1.Les avantages et les inconvénients des compteurs intelligents

Les compteurs intelligents présentent de nombreux avantages, à savoir :

- Un relevé des index de consommation à distance.
- Une détection plus rapide et automatique des pannes.
- Une vue plus précise sur les données de consommations, ce qui est particulièrement utile en cas de déménagement.

Et on n'oublie pas également leur part d'inconvénients :

- Les ondes électromagnétiques générées par les compteurs ont un impact négatif sur la santé (ce que l'on appelle l'électro sensibilité). [14]

I.6.2.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 [4] :

- Une horloge, le contrôle du changement de période tarifaire ;

- Des indicateurs de maximum, le contrôle et la gestion des pointes de consommation pour le contrôle de changement de période tarifaire si besoin ;
- 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 ;
- La gestion des dépassements de puissance, permettant à celui-ci d'effectuer les corrections nécessaires à l'optimisation 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 communication à distance des données contenues dans le compteur permettant sa lecture par le distributeur ou le client depuis un point éloigné du comptage.

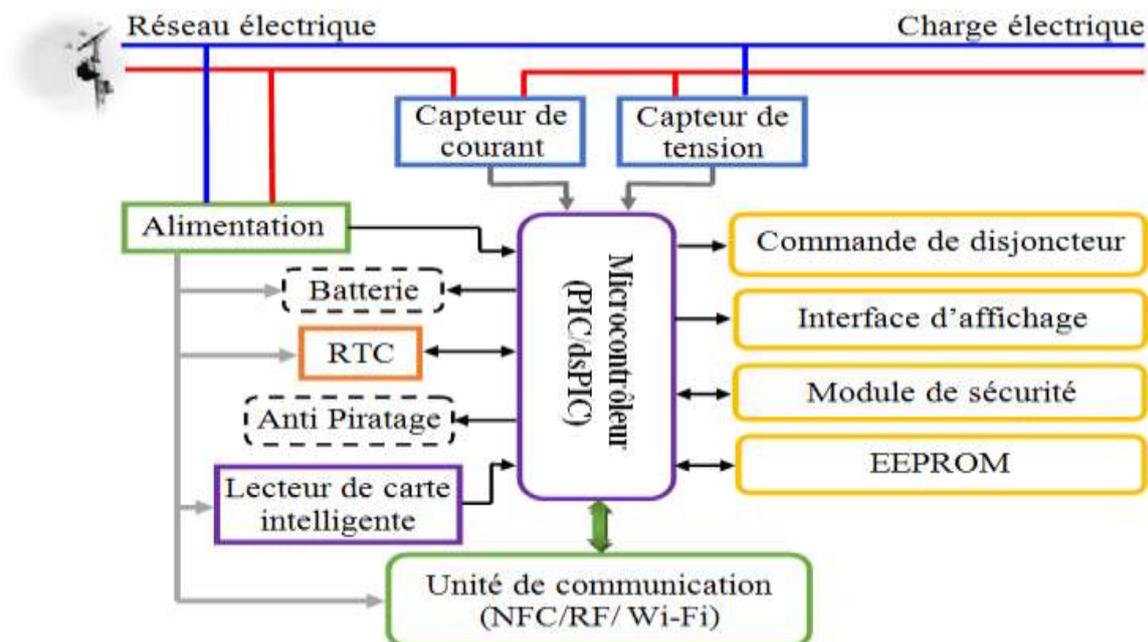


Figure I.9: Structure matérielle d'un compteur intelligent

I.6.3. Les compteurs modulaires

I.6.3.1. Définition

Les compteurs d'électricité modulaires disposent d'un système de mesure électronique.

Ils ont l'avantage de gagner de la place. Il est également facile à installer car ils sont montés sur le rail DIN. L'écran peut être mécanique ou LCD (numérique).

La largeur des compteurs d'électricité modulaires est calculée en modules, il s'agit d'un multiple du module et il a 17,5 mm de large, ces compteurs monophasés ont généralement une largeur de 1 à 4 modules et pour les compteurs d'électricité modulaires triphasés ont généralement une largeur de 4 à 7 modules[13].

Tous les équipements électriques ont une certaine largeur, qui est déterminée par le nombre de modules.

I.6.3.2. Différents types de compteurs modulaires

- Monophasé ou triphasé.
- Simple ou double tarif.
- Avec sortie d'impulsion.
- Conforme MID (Pour la facturation d'électricité).

Nous définissons chaque type en commençant par le compteur monophasé et triphasé : Il peut être utilisé dans les zones de camping, les marinas, les bornes de recharge, au soleil, au vent, etc. Pour surveiller la facturation et la consommation comme le montre la figure 2.3. Nous proposons des compteurs électriques MID, Modbus, Mbus, certifiés tarif simple et double.



Figure I.10: Un compteur modulaire monophasé

Et ensuite nous avons les compteurs électriques EDF (figure I.11) qui peuvent être utilisés non seulement pour la mesure mais également pour la sous-mesure. Il est certifié MID et permet une gestion automatique des heures de pointe et des heures creuses. Il permet également de gérer les différents tarifs EJP et TEMPO d'EDF. Il détecte le signal envoyé par le courant porteur par l'EDF et passe d'une recette à l'autre [13].



Figure I.11: Compteurs électriques EDF

Aussi, les compteurs électriques exports (figure I.12), ces derniers ont été développés spécialement pour le marché africain. Ils sont très robustes pour une utilisation dans des conditions de température élevée. Leurs conceptions leur permettent d'être facilement scellées. En cas de panne de courant, il est toujours possible de lire l'enregistrement kWh car l'écran est mécanique.



Figure I.12: Les compteurs électriques exports

Et enfin, nous avons en plus les compteurs électriques mobiles figure I.13 qui conviennent aux installations temporaires. Nous pouvons les déplacer très facilement. Par exemple, ils sont utilisés dans les terrains de camping, les marinas et les salles d'exposition.



Figure I.13: Les compteurs électriques mobiles.

I.7. Les compteurs de type central de mesure

I.7.1. Définition

Nous disons un enregistreur de données ou bien une centrale de donnée qui donne généralement plus d'informations qu'un simple compteur d'électricité. Il donne généralement la tension, l'intensité et mesure également les harmoniques. Il a souvent de la mémoire pour enregistrer ces montants.

Ces centrales de mesure, apparues à la fin des années 80, visaient initialement à fournir certaines fonctions de sortie tout en facilitant l'affichage des principaux paramètres de l'installation électrique à trois sorties[14].

En dix ans, elles se sont considérablement développées pour devenir un organe intelligent permettant de contrôler l'ensemble de l'installation.

Dans le même temps, leur format a été considérablement réduit (il existe aujourd'hui des centrales au format DIN 96 illustrée dans la(figure I.14), et elles sont également de plus en plus simples à mettre en œuvre et à exploiter[14].

Les centrales de futur donnera des informations en plus, tout comme elles peuvent gagner en auto-diagnostic et en expertise (analyse des priorités et des perturbations).



Figure I.14: Centrale de mesure redigit NODUSTM et POWER.

I.7.2.Installation des centrales de mesure

Les systèmes de mesure trouvent leur place à toutes les étapes du réseau électrique, que ce soit en production, en transport ou en distribution. Différents formats avec ou sans fonction d'affichage, selon l'application, ils sont adaptés aux besoins des réseaux HT, MT ou BT. Par exemple, nous trouverons :

- Pour contrôler la puissance fournie par un alternateur, par exemple dans les centrales électriques.
- Pour la surveillance à distance des boucles dans tous les centres de distribution de distribution électrique MT.
- Pour la surveillance du réseau dans les installations industrielles départs MT / BT.
- Pour l'inspection et la mesure dans les grandes zones industrielles ou commerciales et le contrôle du comptage divisionnaire BT.
- Pour les consommateurs d'énergie pour l'analyse de la consommation et la gestion de la charge.

La figure I.15 montre l'architecture d'une unité de mesure, comme l'afficheur, qui est

utilisé pour les besoins de maintenance et d'exploitation du réseau, et il présente également l'avantage de mémoriser les valeurs extrêmes atteintes par les paramètres du réseau. Il a la capacité de capter, transformer et utiliser des informations à distance avec différentes sorties (impulsion et analogiques.) et grâce aux sorties d'alarme, l'unité de mesure crée une surveillance de la qualité de la source électrique.

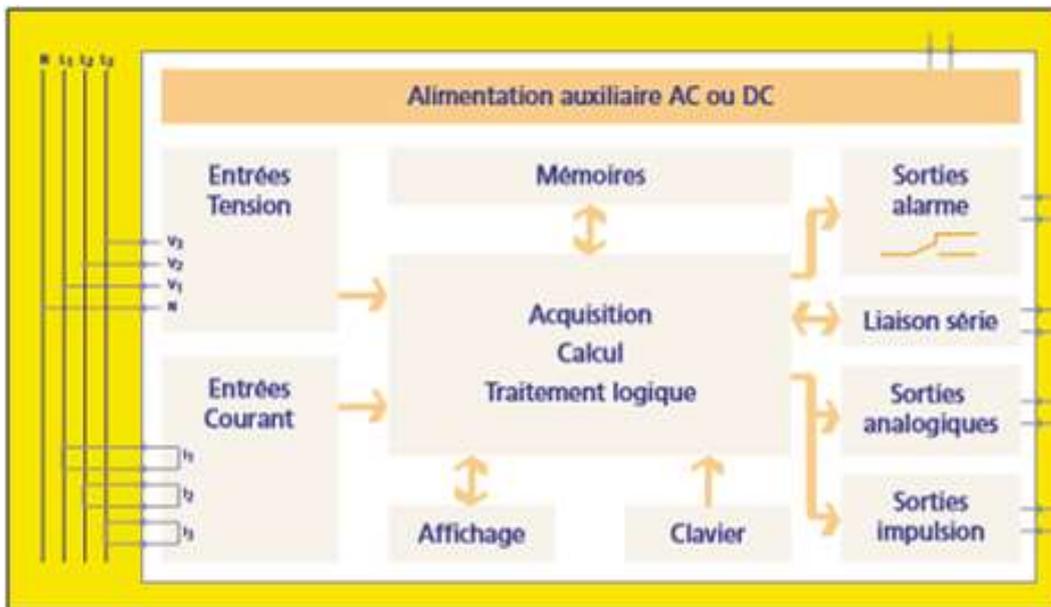


Figure I.15: L'architecture d'une centrale de mesure

I.7.2.1. Les principaux paramètres mesurés par une centrale

Nous avons plusieurs valeurs instantanées, moyennes, maximales et minimales mesurés:

- Tensions simples et composées en 3 phases.
- Courant par phase, courant du neutre.
- Puissance active, réactive et Puissance apparente par phase et globale.
- Fréquence.
- Facteur de puissance par phase et global(cos).
- Taux de distorsion harmonique par phase, tension et courant.
- Énergie active, réactive et visible consommée.
- Énergie active, réactive et apparente, etc.

I.7.3.Compteur de consommation d'appareillage

I.7.3.1.Définition

L'appareil de mesure de l'énergie électrique (aussi appelé consomètre (figureI.16) est placé entre la prise et l'appareil à mesurer. Le système de comptage est électronique. [1]

I.7.3.2.Principe de fonctionnement

Le principe est simple : insérez la fiche entre la prise et l'appareil, puis un écran affiche la mesure du courant et de la tension et la consommation en direct. La disponibilité de ces informations peut déjà améliorer vos habitudes, par exemple en incarnant une énergie qui réduit le coût d'une heure.



Figure I.16: Un consomètre. [15]

I.7.4.Compteur électrique communicant

I.7.4.1.Définition

montre un compteur communicant, c'est un système de mesure avancé (intelligent), d'une part, comprend l'installation de compteurs de communication (avec des capacités de communication bidirectionnelles) qui peuvent stocker des informations à partir de mesures d'énergie. D'autre part, la mise en place de systèmes de transmission de données (transmission et réception d'informations) qui permettent aux informations sur les compteurs de circuler rapidement et de manière fiable entre les utilisateurs, les administrateurs réseau et les fournisseurs.

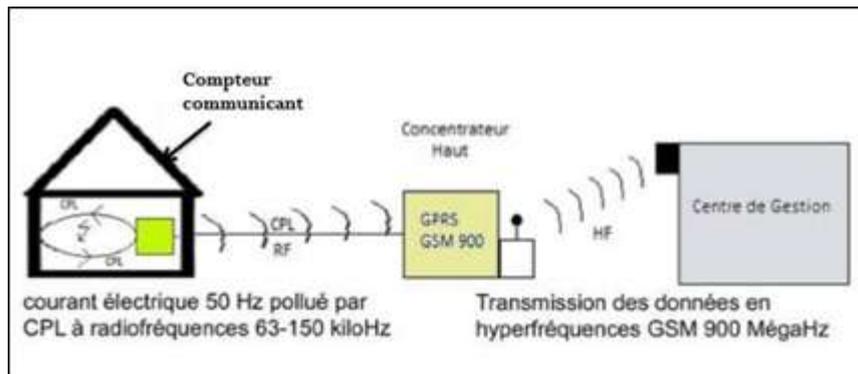


Figure I.17: Un compteur communicant[15]

I.7.4.2.Principe de fonctionnement

La communication a lieu entre une série de compteurs installés dans les locaux de l'utilisateur et un concentrateur situé dans la station de distribution publique, grâce à la technologie Line Carrier Current (PLC), qui collecte ces données pour les transmettre à l'administrateur du réseau.

Chaque compteur et concentrateur est associé à un modem PLC qui code et décode les données en un signal électrique et superpose le courant électrique à 50 Hertz.

Ensuite, au niveau des concentrateurs, les données sont codées numériquement, puis transmises via le système de réseau GPRS (General Packet Radio Service) ou GSM(Global System for Mobile Communication) au système informatique de l'administrateur du réseau[12] comme le montre la figure I.18.



Figure I.18: Principe de fonctionnement du compteur communicant

I.8.Type de comptage [1]

I.8.1.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]

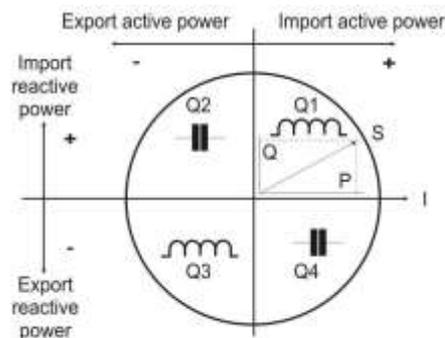


Figure I.19: Comptage Quatre Quadrants

I.8.2.Comptage Electronique [1]

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

I.8.2.1.Principe de Comptage Électrique [1]

Un compteur électrique est un organe électrotechnique servant à mesurer la quantité d'énergie électrique consommée dans un lieu :

habitation, industrie ... etc.

Il est utilisé par les fournisseurs d'électricité afin de facturer la consommation d'énergie au client.

À 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 communicants appelés parfois compteur intelligents.

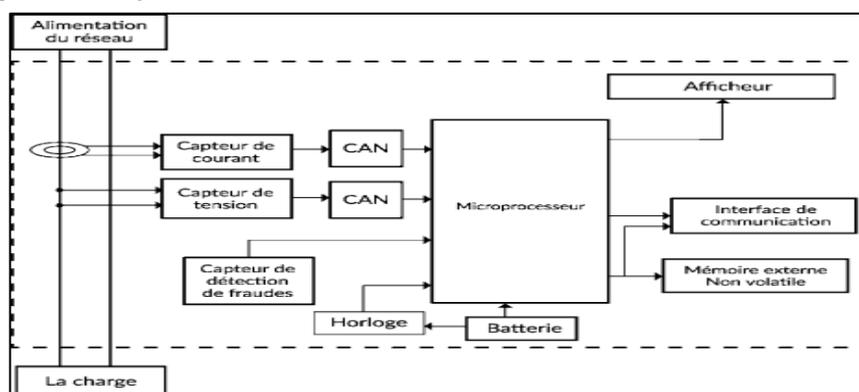


Figure I.20: Principe de Comptage Électrique

I.9. Généralité sur les valeurs efficaces

La valeur efficace (aussi dite RMS ou Root Mean Square) d'un courant ou d'une tension, variable au cours du temps, correspond à la valeur du courant continu ou de la tension continue produisant un échauffement identique dans une résistance. Cette valeur efficace ne peut être calculée que si ce courant ou cette tension sont des grandeurs périodiques. [5]

I.9.1 Définitions

✓ Valeur efficace d'un courant

Elle est notée I .

Physiquement, c'est l'intensité du courant continu qui dissiperait la même puissance que $i(t)$, à travers une résistance, soit

$$R \cdot I^2 = \overline{R \cdot i^2} \quad (\text{I.3})$$

Mathématiquement, c'est la racine carrée de la moyenne du carré de l'intensité calculée sur une période : c'est la norme L2 définie sur l'espace de fonctions périodiques, ayant la période en question. [5]

La valeur efficace de l'intensité $i(t)$, d'un courant variable se calcule à l'aide de :

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} i^2(t) \cdot dt} \quad (\text{I.4})$$

✓ Valeur efficace d'une tension

Elle est notée V .

Physiquement, c'est la valeur de la tension continue qui provoquerait une même dissipation de puissance que $u(t)$, si elle était appliquée aux bornes d'une résistance.

Mathématiquement, elle se calcule avec :

$$V = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} u^2(t) \cdot dt} \quad (\text{I.5})$$

✓ Cas particulier des régimes sinusoïdaux

Pour les régimes sinusoïdaux de tension et de courant, on peut montrer que la valeur efficace est égale à la valeur de crête (valeur maximale) divisée par racine de deux :

$$V_{eff} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} \quad (I.5)$$

L'explication mathématique réside dans le calcul de l'intégrale suivante :

$$\sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_t^{t+T} u^2(t) \cdot dt} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{2\pi} u^2(\theta) \cdot d\theta} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot U^2 \int_0^{2\pi} \sin^2\theta \cdot d\theta} \quad (I.6)$$

Avec

$$\int_0^{2\pi} \sin^2\theta \cdot d\theta = \pi \quad (I.7)$$

I.9.2 Mesures des valeurs efficaces

Les appareils qui mesurent l'intensité des courants électriques se nomment ampèremètres et ceux qui mesurent les tensions se nomment voltmètres. La mesure des valeurs efficaces a toujours été plus difficile donc plus coûteuse que la mesure des valeurs moyennes.

On peut décomposer les appareils capables de mesurer les valeurs efficaces en trois familles :

✓ Les appareils analogiques utilisant l'électromagnétisme

D'une manière générale, la bande passante de ce type d'appareil est toujours limitée à quelques centaines de Hertz.

✓ Les appareils ferromagnétiques

Ou à fer mobile.

Un champ magnétique est créé par un courant image de la grandeur (courant ou tension) à mesurer. Sous l'influence de ce champ magnétique, deux palettes en fer doux se repoussent avec une force dont l'intensité dépend de la valeur moyenne du carré du champ donc de la valeur efficace de la grandeur à mesurer.

✓ **Les appareils électrodynamiques**

C'est le principe qui était utilisé pour construire les wattmètres analogiques.

Une bobine fixe traversée par un courant i_1 crée le champ magnétique. Une autre bobine mobile est traversée par un courant i_2 . Dans le cas des wattmètres, l'un des courants est l'image de la tension aux bornes du dipôle, l'autre est l'image de la tension à ses bornes.

Mais si ces courants sont proportionnels à la même grandeur (tension ou courant), la déviation obtenue dépend de la valeur efficace de cette grandeur.

Souvent les appareils de ce type pouvaient être utilisés en wattmètre, en voltmètre ou en ampèremètre. [5]

✓ **Les appareils électrostatiques**

Ces appareils étaient toujours destinés à la mesure en haute tension. Ils utilisaient les forces de répulsions s'exerçant entre des pièces mobiles soumises à des différences de potentiels de même signe.

• **Les appareils analogiques utilisant les phénomènes électrothermiques**

✓ **Les appareils numériques**

On nomme voltmètre ou ampèremètre RMS ou TRMS des appareils numériques qui mesurent effectivement la valeur efficace et non pas la valeur moyenne de la valeur absolue multiplié par un coefficient comme le font les voltmètres numériques bas de gamme. [5]

I.10. Conclusion

Dans ce chapitre, à partir d'étude générale sur l'évolution de la technologie utilisée dans la mesure de la consommation électrique, nous avons parlé sur les types des compteurs d'énergie électrique présents dans les installations électriques et nous avons aussi donné une vision globale et détaillée sur les compteurs et leur fonctionnement ainsi que leurs avantages et les problèmes.

Alors, d'après tout ça on conclut que le compteur d'énergie électrique est un élément important et essentiel dans les réseaux et les installations électriques et il est entendu que plus les compteurs sont précis et intelligents dans la mesure on va trouver que l'équité sera atteinte entre le consommateur et les sociétés de distribution électrique, contrairement aux anciennes technologies des compteurs et à cet effet on va détailler dans le chapitre suivant sur les

composants électroniques utilisés dans notre projet pour réaliser le circuit d'un compteur intelligent.

Chapitre II

Description du logiciel PROTEUS

II.1.Introduction

Dans ce chapitre nous expliquerons de manière simple la structure de réalisation et la conception d'un prototype de comptage d'énergie active basé sur PIC16F877A, programmé par MikroC

Dans ce chapitre, nous décrirons brièvement les différentes étapes de réalisation d'un projet, et orienterons notre travail à travers l'environnement matériel et logiciel qui assure la réalisation de notre projet électronique et de ses applications.

Simulation nous trouvons le programme (PROTEUS ISI). [3]

II.2.Présentation du logiciel proteus [4]

Proteus est un outil qui permet de dessiner des schémas électroniques, de les simuler et de réaliser le circuit imprimé correspondant.

Ce logiciel comprend deux principaux modules ISIS et ARES.

II.2.1 ISIS

Le module ISIS de Proteus est principalement utilisé pour éditer un schéma structurel d'un circuit électronique (assemblage de composants électroniques dont on fixe les valeurs et les références) reliés par des connexions électrique (fils). Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler les différents types de montages ce qui permet de déceler certaines erreurs dès l'étape de conception.

Indirectement, les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisé dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits.la figure ci-dessous montre la fenêtre du module de simulation Proteus ISIS [4].

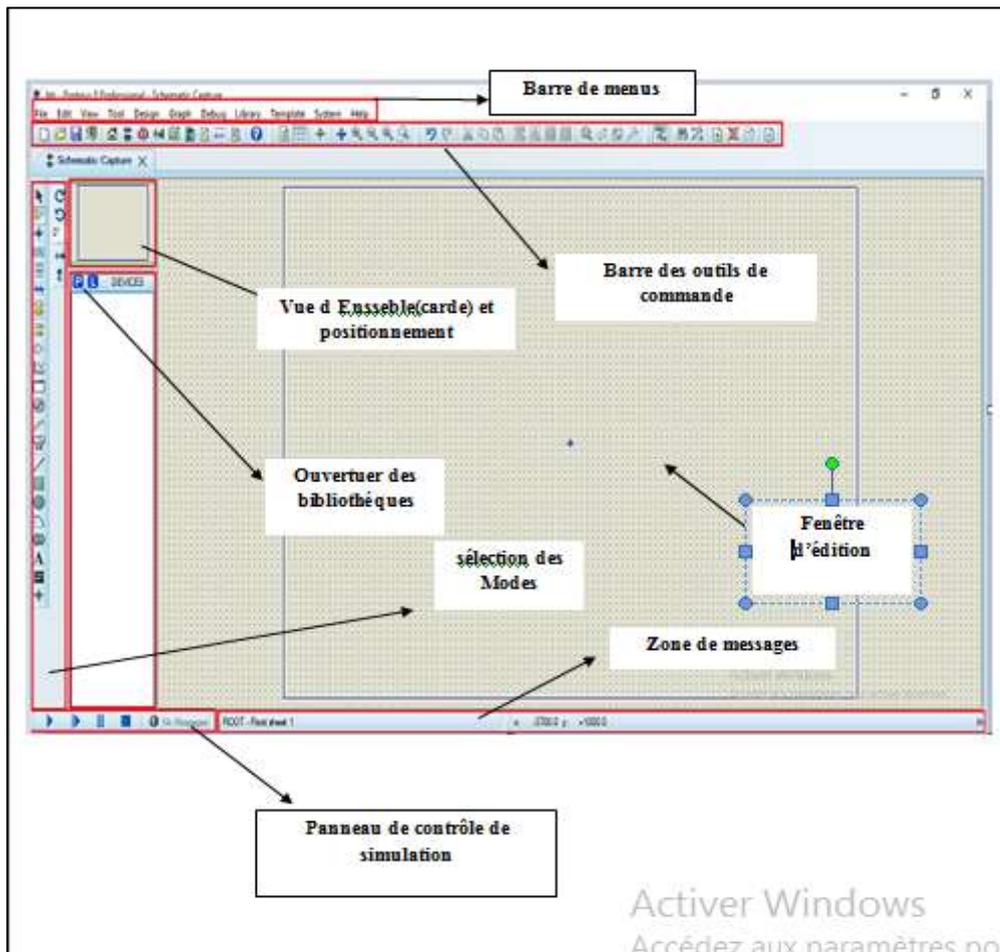


Figure II.1: L'interface du sous-programme Proteus isis.

- **Barre de menus**

Elle permet de gérer les travaux (ouverture, sauvegarde...) sur nos fichiers.

- **Barre des outils de commande**

Elle reprend ce qui est accessible par les menus (Commandes sur les fichiers, Commandes d'affichage, Commandes Edition, Commandes Outils...)

- **Fenêtre de vue d'ensemble**

Le cadre en bleu délimite l'espace de travail tel qu'il a été défini par la commande «*set sheet sizes*» du menu «*system*» dans la barre d'outils. Le cadre en vert délimite la zone de travail, c'est à dire la partie du schéma visible dans la fenêtre principale.

On peut déplacer cette zone de travail en pointant la souris sur la zone désirée de la fenêtre de vue d'ensemble et en effectuant un clic gauche.

- **Barre d'outils de sélection des Modes**

- **Mode Principal:** permet la sélection des objets, des composants, des nœuds.

- **Mode Gadgets:** il contient toutes sortes de générateurs, terminal et d'instruments virtuels.
- **Mode Graphique:** pour écrire des textes et dessiner des traits, des arcs et différentes formes.

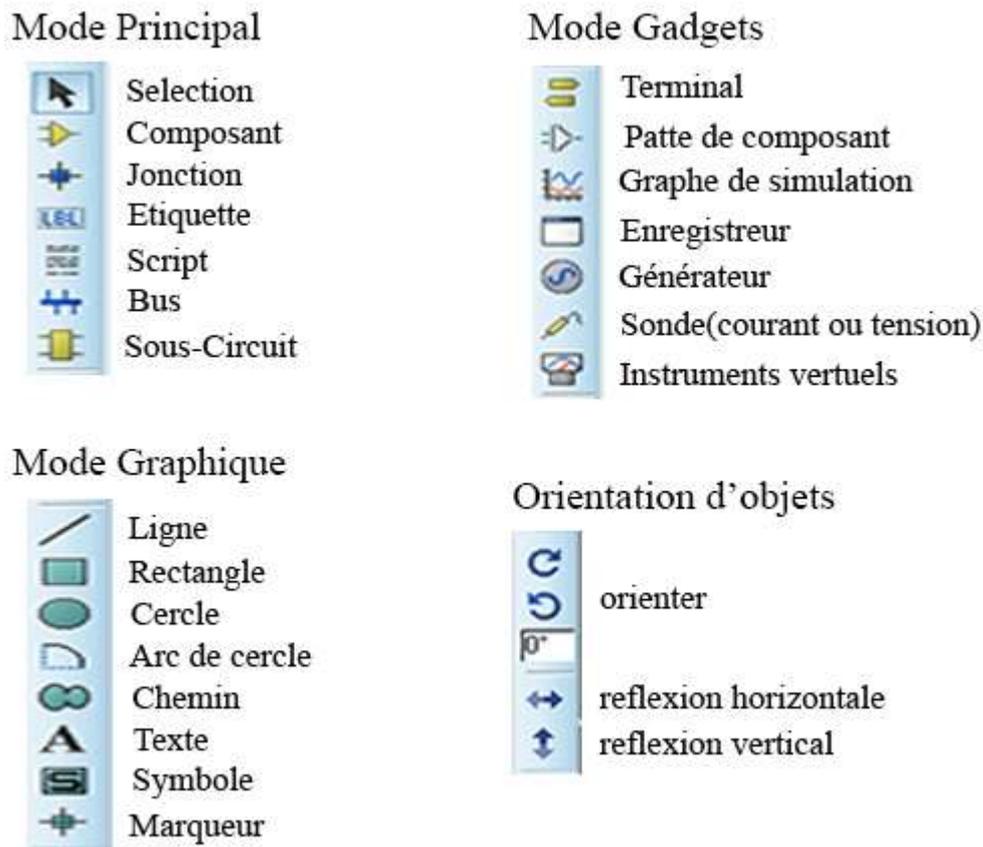


Figure II.2: Organisation de Barre d'outils de sélection des Modes ISIS

▪ Zone d'édition

C'est la zone rectangulaire délimité en bleu, où nous déposons les composants pour dessiner le schéma du modèle a simulé, pour sélectionner un composant nous allons dans la barre d'édition sur « Component Mode » puis on sélectionne la lettre « P » dans la barre d'outil de sélection, la recherche des composants à utiliser se fait facilement. [6]

▪ Coordonnées du curseur

Les coordonnées déterminent la position du curseur par rapport à l'origine qui par défaut se trouve au centre de la fenêtre d'édition.

- **Panneau de contrôle des animations**

Permet de lancer mettre en pause ou arrêter la simulation.

- **Zone de messages**

En positionnant le curseur sur un composant, il affiche le nom et divers informations sur le composant, c'est aussi la zone où est affichée la durée de la simulation.

II.2.2 ARES

Le module ARES est un outil d'édition et de routage qui complète parfaitement ISIS. Un schéma électrique réalisé sur ISIS peut alors être importé facilement sur ARES pour réaliser le PCB de la carte électronique. Bien que l'édition d'un circuit imprimé soit plus efficace lorsqu'elle est réalisée manuellement, ce logiciel permet de placer automatiquement les composants et de réaliser le routage automatiquement. La figure ci-dessous montre la fenêtre du module de simulation Proteus ARES [4].

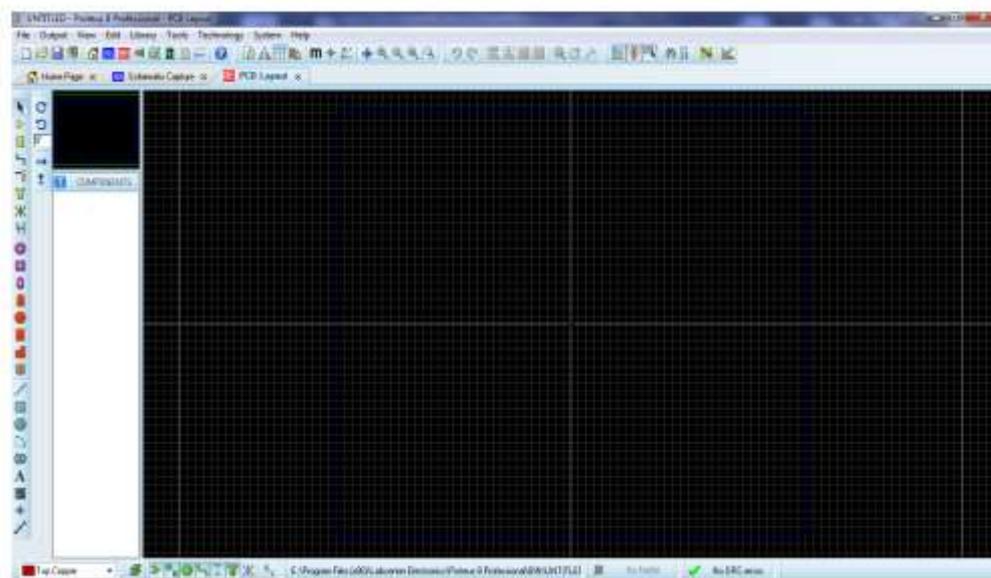


Figure II.3: Fenêtre du module Proteus ARES.

II.3.Présentation générale du projet

II.3.1.Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement de notre entreprise est le contrôle actif du comptage de puissance Basée sur DSPic, cette carte se compose de six blocs nécessaires à son fonctionnement Cette application. [12]

Comme la figure ci-dessus

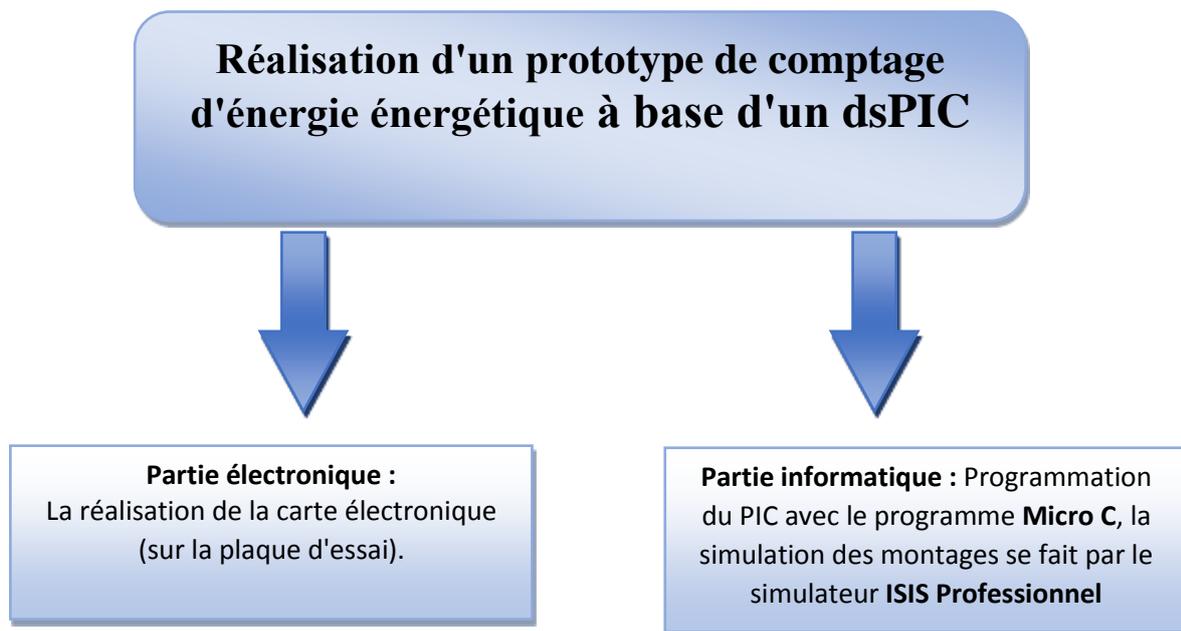


Figure II.4: Les différentes phases de la réalisation

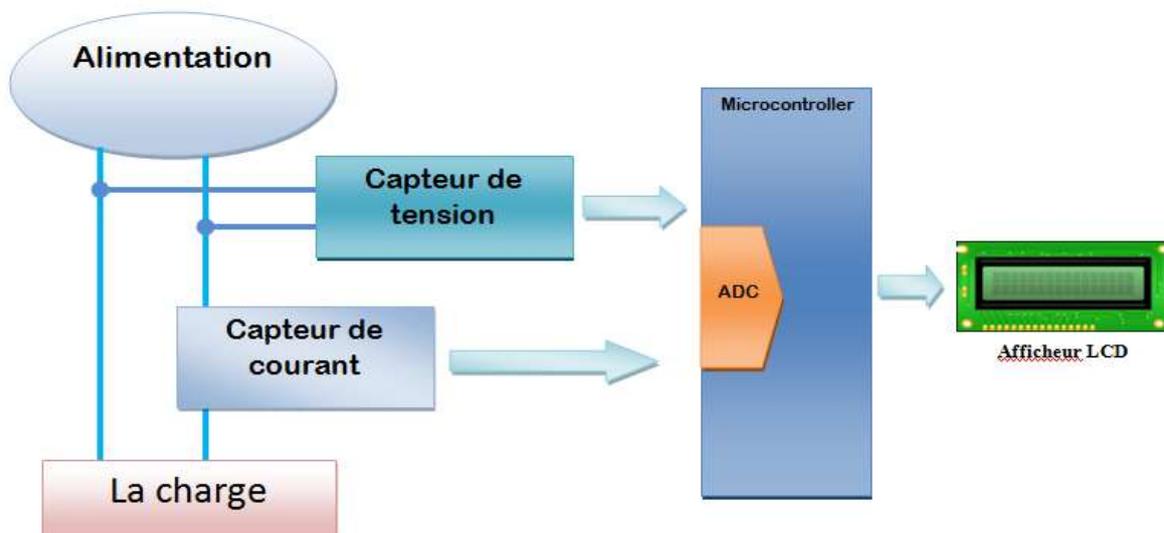


Figure II.5: schéma synoptique de la carte

II.5.Description des différents composants utilisés

II.5.1.Etapes de la réalisation

II.5.1.1.Etapes1: Bloc d'alimentation

- ✚ V1 : Tension nominale 220 à 240 V
- ✚ V2: harmonique 5
- ✚ V3: harmonique 2

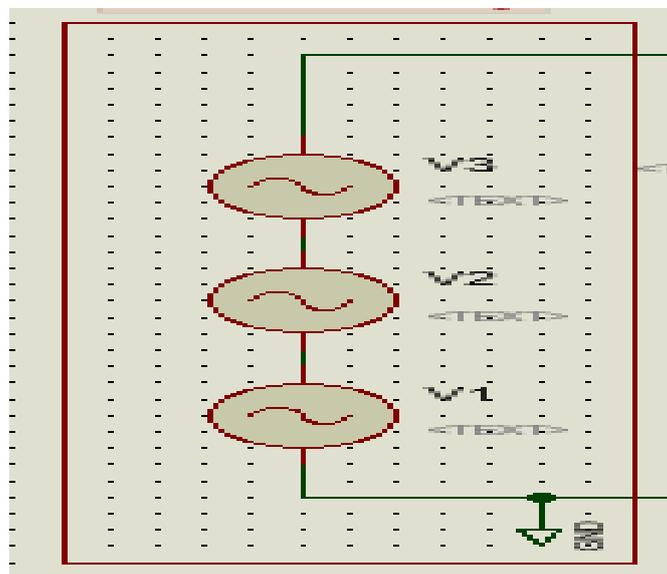


Figure II.6: La alimentation

II.5.1.2. Etapes2: capteur de tension

Un capteur de tension est un capteur utilisé pour calculer et surveiller la quantité de tension dans un objet. Les capteurs de tension peuvent déterminer la tension alternative ou le niveau de tension continue. L'entrée de ce capteur est la tension, tandis que la sortie est les commutateurs, le signal de tension analogique, un signal de courant ou un signal sonore.

Les capteurs sont des dispositifs qui peuvent détecter ou identifier et réagir à certains types de signaux électriques ou optiques. La mise en œuvre d'un capteur de tension et des techniques de capteur de courant sont devenues un excellent choix pour les méthodes classiques de mesure de courant et de tension. [17]

II.5.2.Types de capteurs de tension

Dans cet article, nous pouvons discuter en détail d'un capteur de tension. Un capteur de tension peut déterminer, surveiller et mesurer l'alimentation en tension. Il peut mesurer le niveau AC et/ou le niveau de tension DC. L'entrée du capteur de tension est la tension elle-même, et la sortie peut être des signaux de tension analogiques, des commutateurs, des signaux sonores, des niveaux de courant analogiques, des fréquences ou même des sorties modulées en fréquence.

Autrement dit, certains capteurs de tension peuvent fournir des trains sinusoïdaux ou d'impulsions en sortie, et d'autres peuvent produire des sorties de modulation d'amplitude, de modulation de largeur d'impulsion ou de modulation de fréquence.

Dans les capteurs de tension, la mesure est basée sur un diviseur de tension.

Deux principaux types de capteurs de tension sont disponibles : capteur de tension de type capacitif et capteur de tension de type résistif

Dans cet article, nous pouvons discuter en détail d'un capteur de tension. Un capteur de tension peut déterminer, surveiller et mesurer l'alimentation en tension. Il peut mesurer le niveau AC et/ou le niveau de tension DC. L'entrée du capteur de tension est la tension elle-même, et la sortie peut être des signaux de tension analogiques, des commutateurs, des signaux sonores, des niveaux de courant analogiques, des fréquences ou même des sorties modulées en fréquence. [4]

Autrement dit, certains capteurs de tension peuvent fournir des trains sinusoïdaux ou d'impulsions en sortie, et d'autres peuvent produire des sorties de modulation d'amplitude, de modulation de largeur d'impulsion ou de modulation de fréquence.

Dans les capteurs de tension, la mesure est basée sur un diviseur de tension.

Deux principaux types de capteurs de tension sont disponibles : capteur de tension de type capacitif et capteur de tension de type résistif.

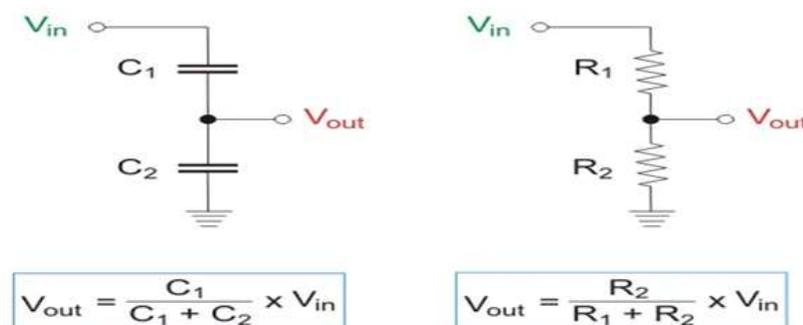


Figure II.7: Types de capteurs de tension

II.5.3. Capteur de tension capacitive

On sait qu'un condensateur est composé de deux conducteurs (ou deux plaques) ; entre ces plaques, un non-conducteur est maintenu.

Ce matériau non conducteur est appelé diélectrique. Lorsqu'une tension alternative est fournie à travers ces plaques, le courant commence à passer en raison de l'attraction ou de la répulsion des électrons via la tension de la plaque opposée.

Le champ entre les plaques créera un circuit CA complet sans aucune connexion matérielle. C'est ainsi que fonctionne un condensateur.

Ensuite, nous pouvons discuter de la division de tension dans deux condensateurs en série. Habituellement, dans les circuits en série, une haute tension se développera à travers le composant avec une impédance élevée. Dans le cas des condensateurs, la capacité et l'impédance (réactance capacitive) sont toujours inversement proportionnelles. [8]

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad (\text{II.1})$$

La relation entre la tension et la capacité est

$$V = \frac{Q}{C} \quad (\text{II.2})$$

Q : Charge (Coulomb)

C : Capacité (Farad)

X_C : Réactance capacitive (Ω)

f : Fréquence (Hertz)

À partir des deux relations ci-dessus, nous pouvons clairement affirmer que la tension la plus élevée s'accumulera sur le plus petit condensateur. Les capteurs de tension des condensateurs fonctionnent sur la base de ce principe simple. Considérons que nous tenons le capteur et plaçons ensuite sa pointe près d'un conducteur sous tension.

Ici, nous insérons l'élément de détection à haute impédance dans un circuit de couplage capacitif en série. [15]

II.5.4. Capteur de tension résistive

Il existe deux manières de convertir la résistance de l'élément sensible en tension. La première est la méthode la plus simple, qui consiste à fournir une tension au circuit diviseur résistif composé d'un capteur et d'une résistance de référence, qui est représenté ci-dessous.

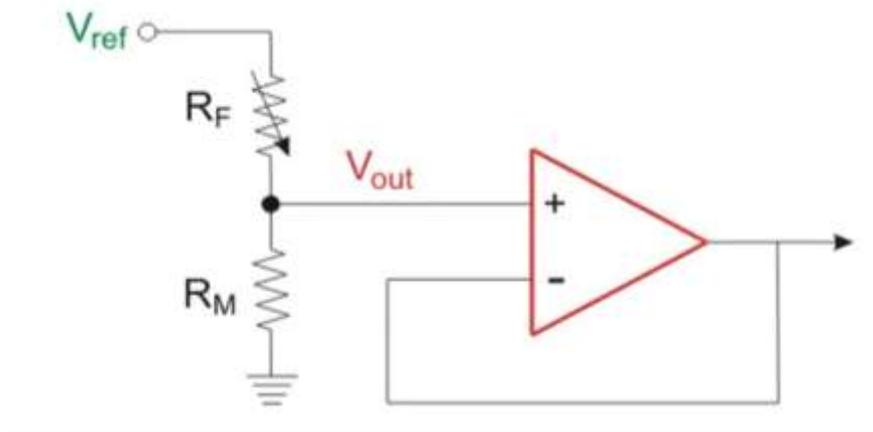


Figure II.8: Capteur de tension résistive

La tension développée aux bornes de la résistance ou du capteur de référence est tamponnée puis transmise à l'amplificateur. La tension de sortie du capteur peut être exprimée comme

$$V_{out} = \frac{R_M}{R_M + R_F} \times V_{ref} \quad (\text{II.3})$$

L'inconvénient de ce circuit est que l'amplificateur présent va amplifier toute la tension développée aux bornes du capteur. Cependant, il est préférable d'amplifier uniquement le changement de tension dû au changement de résistance du capteur, ce qui est obtenu par la deuxième méthode mettant en œuvre le pont de résistance, comme indiqué ci-dessous. [16]

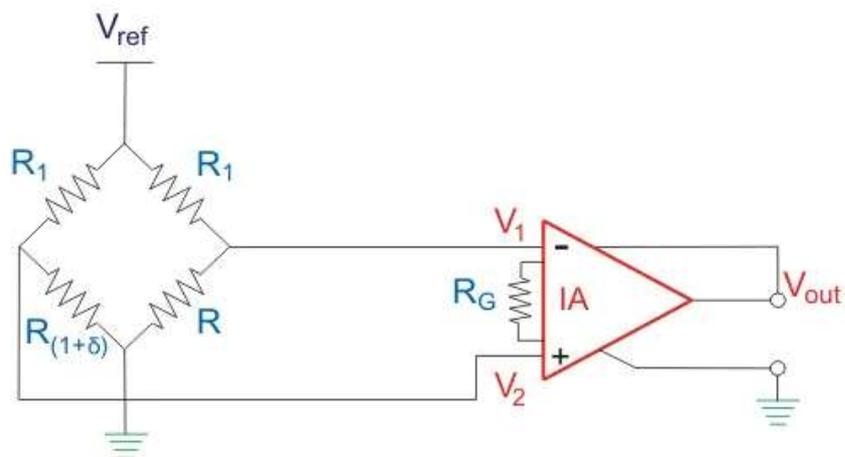


Figure II.9: diviseur résistif

I_{ci} , la tension de sortie est

$$V_{out} = A \times \frac{R_M}{R_M + R_F} \times V_{ref} \frac{\delta}{1 + \left(\frac{R}{R_1}\right) + (1 + \delta)} \quad (\text{II.4})$$

Lorsque $R_l = R$, la tension de sortie devient approximativement

$$V_{out} = \frac{A}{4} \times V_{ref} \delta \quad (\text{II.5})$$

A : Gain de l'amplificateur d'instrumentation

δ : Changement de la résistance du capteur, qui est analogue à une action physique

Dans cette équation, le gain doit être élevé car seul le changement de tension dû au changement de la résistance du capteur est amplifié.

II.5.5. Avantages des capteurs de tension par rapport aux techniques de mesure conventionnelles

L'avantage des capteurs de tension comprend:

- Petit en poids et en taille
- La sécurité du personnel est élevée
- Le degré de précision est très élevé
- Non saturable
- Large plage dynamique
- Respectueux de la nature

Peut combiner la mesure de tension et de courant dans un seul appareil physique avec des dimensions petites et compactes

II.5.6. Applications des capteurs de tension

L'application des capteurs de tension comprend les éléments suivants :

- Détection de panne de courant
- Détection de charge
- Commutation de sécurité
- Contrôle de la température
- Contrôle de la demande de puissance
- Détection de fautes

Les capteurs de tension sont inclus dans bon nombre des meilleurs kits de démarrage Arduino, car ils sont très utiles dans de nombreux projets électroniques. [15]

II.5.7. Déphasage de tension

Nous avons réduit la valeur de la tension

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{R_2}{R_2 - R_1} \right) \quad (\text{II.6})$$

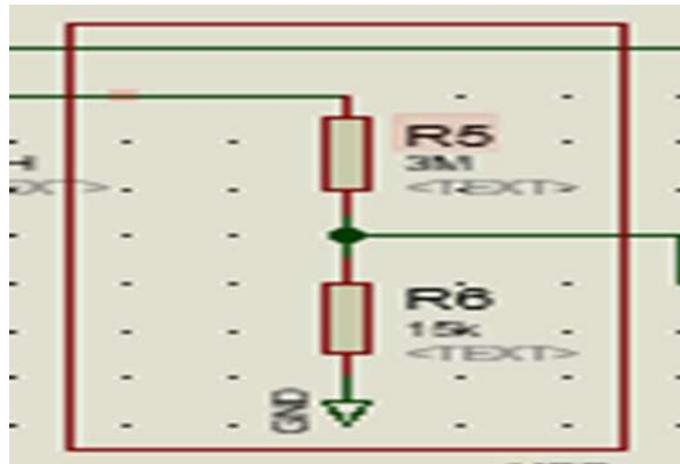


Figure II.10: Déphasage de tension

- filtrage

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = A_{(v)} = 1 + \frac{R_F}{R_2} \quad (\text{II.7})$$

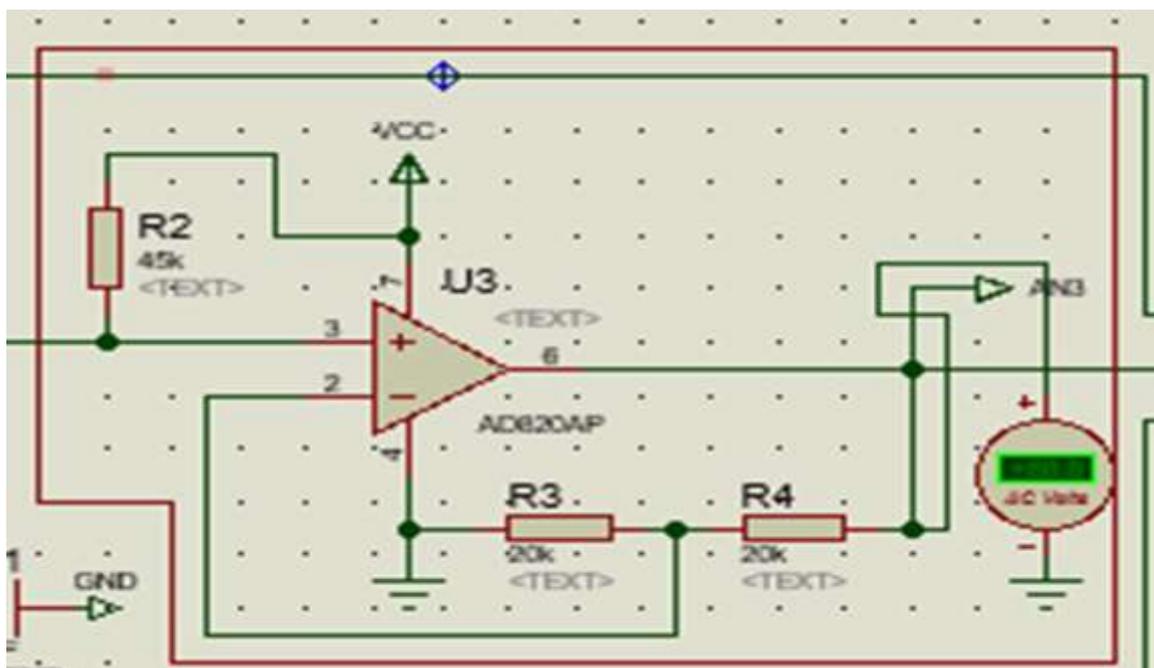


Figure II.11: Filtrage

II.5.8. Capteur de courant

Un capteur de courant est un dispositif qui détecte et convertit le courant en une tension de sortie facilement mesurable, qui est proportionnelle au courant traversant le chemin mesuré. Il existe une grande variété de capteurs, et chaque capteur est adapté à une plage de courant et à des conditions environnementales spécifiques. Parmi ces capteurs, une résistance de détection de courant est la plus couramment utilisée. Il peut être considéré comme un convertisseur courant-tension, où l'insertion d'une résistance dans le chemin du courant, le courant est converti en tension de manière linéaire. La technologie utilisée par le capteur de courant est importante car différents capteurs peuvent avoir des caractéristiques différentes pour une variété d'applications.

Les capteurs de courant sont basés sur la technologie à effet hall en boucle ouverte ou fermée. Un capteur en boucle fermée a une bobine qui est activement entraînée pour produire un champ magnétique qui s'oppose au champ produit par le courant détecté. Le capteur à effet Hall est utilisé comme dispositif de détection de zéro et le signal de sortie est proportionnel au courant entraîné dans la bobine, qui est proportionnel au courant mesuré.

Dans un capteur de courant en boucle ouverte, le flux magnétique créé par le courant primaire est concentré dans un circuit magnétique et mesuré à l'aide d'un dispositif à effet Hall. La sortie du dispositif à effet Hall est le signal conditionné pour fournir une représentation exacte (instantanée) du courant primaire. [15]

II.5.9. Capteur de courant ACS712

Le capteur de courant que nous avons choisi est le ACS712 - 30A. Ce dernier est capable de mesurer des courants alternatifs et continus avec grande précision.

De plus, ce capteur est à effet Hall. Il offre plusieurs plages de mesure de courant, tel que dans notre projet nous avons choisi un capteur capable de mesuré jusqu'à ± 30 A. La sortie du capteur peut être reliée directement à l'entrée analogique du dspic33F afin que ce dernier puisse traiter et utiliser dans le calcul de la puissance.

Les raisons de choisir ce type de capteur sont les suivants :

- Il n'est pas cher.
- Il est caractérisé par un circuit plus petit et un faible poids.
- Sa consommation d'énergie est constante quelle que soit le courant détecté.
- Une grande précision pour des températures ambiantes ou élevée [14].

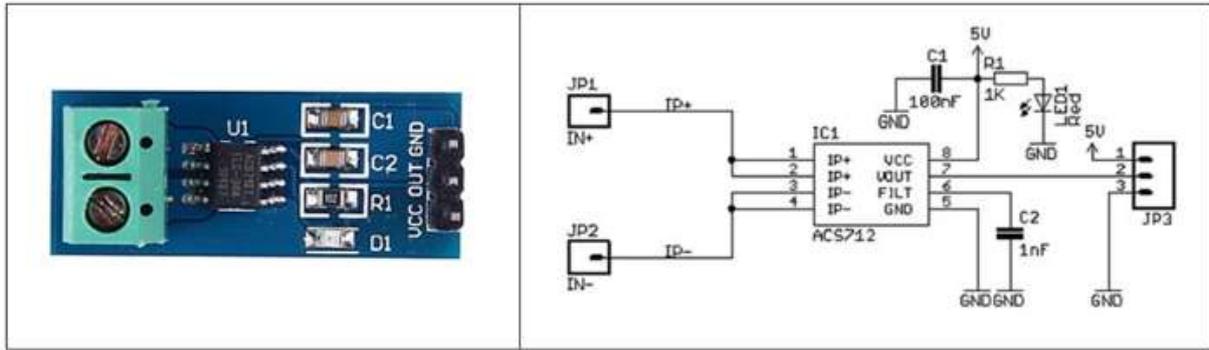


Figure II.12: Circuit de capteur de courant ACS712 - 30A

Le capteur de courant ACS712 - 30A a une sensibilité de 66 mV/A, ainsi pour aucune charge il fournit à la sortie une tension de $V_{cc}/2$ (V_{cc} étant l'alimentation du capteur qui est de 5 V). Ensuite, après l'ADC on a une valeur de 757 puis 1023 qui indique 20.28 A et la valeur 0 indique -20.28 A, car dans le circuit de branchement de dsPIC33F on a choisi que la tension de référence AVDD soit égale à la tension de l'alimentation du dsPIC qu'est égale à 3.38 V. Mais le capteur peut mesurer jusqu'à 30 A sauf que dans notre projet nous avons limité la mesure de courant à 20.88 A. [14]

Le courant maximal mesurer par le capteur est calculé comme suite :

On a :

$$V_{out} = \frac{A}{4} \times V_{ref} \delta \quad (II.6)$$

où V_{max} étant la valeur maximale obtenu après l'ADC.

Ainsi, la valeur efficace du courant est calculée par l'équation suivant :

$$V_{max} = \frac{1023 \times V_{in}}{3.38} \quad (II.7)$$

Et

$$V_{in} = 2.5 + 0.066 \times I_{max} \quad (II.8)$$

Donc

$$V_{max} = \frac{1023}{3.38} \times (2.5 + 0.066 \times I_{max}) \quad (II.9)$$

Avec

$$I_{max} = 0.0501 \times (V_{max} - 757) \quad (II.10)$$

Les principales caractéristiques et avantages donné par le constructeur de ce type de capteur sont dans l'Annexe.

II.5.10.Généralités DSpic

II.5.10.1.Présentation du dsPIC33F

Afin de réaliser notre projet nous avons besoin d'un microcontrôleur pour traiter les signaux analogique (tension et courant) nécessaire pour le calcul de la puissance active et réactive consommé par les équipements électriques et afficher les résultats sur un afficheur LCD. Pour cela nous avons choisi le dsPIC33F. Ce dernier est une fusion entre un DSP et un PIC, ce qui permet d'avoir des hautes performances de calcul [9]. Ce microcontrôleur il peut travailler à une vitesse de 40MIPS qui reste un paramètre très important lorsque on travaille en temps réel, aussi il dispose de plusieurs périphériques : plusieurs entrée/sortie logique, convertisseur ADC, convertisseur DAC, sortie PWM, UART... La figure II.13 montre le brochage de ce dsPIC.

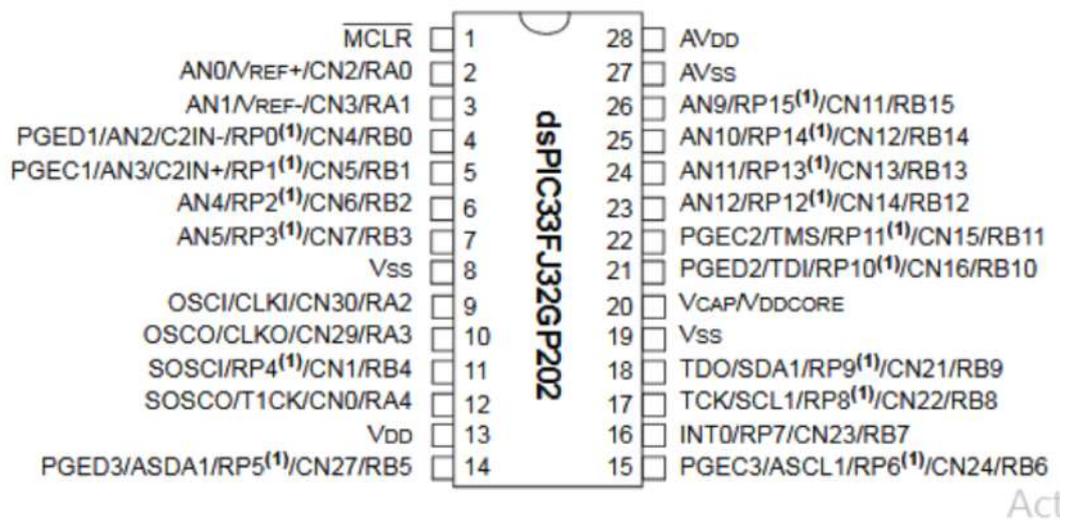


Figure II.13: Modèle du DSPIC33FJ32GP202 [10].

Dans la famille des dsPIC33F nous avons choisi le modèle dsPIC33FJ128GP802, les conditions de son utilisation sont présentées dans le datasheet et donné dans l'annexe. [10]

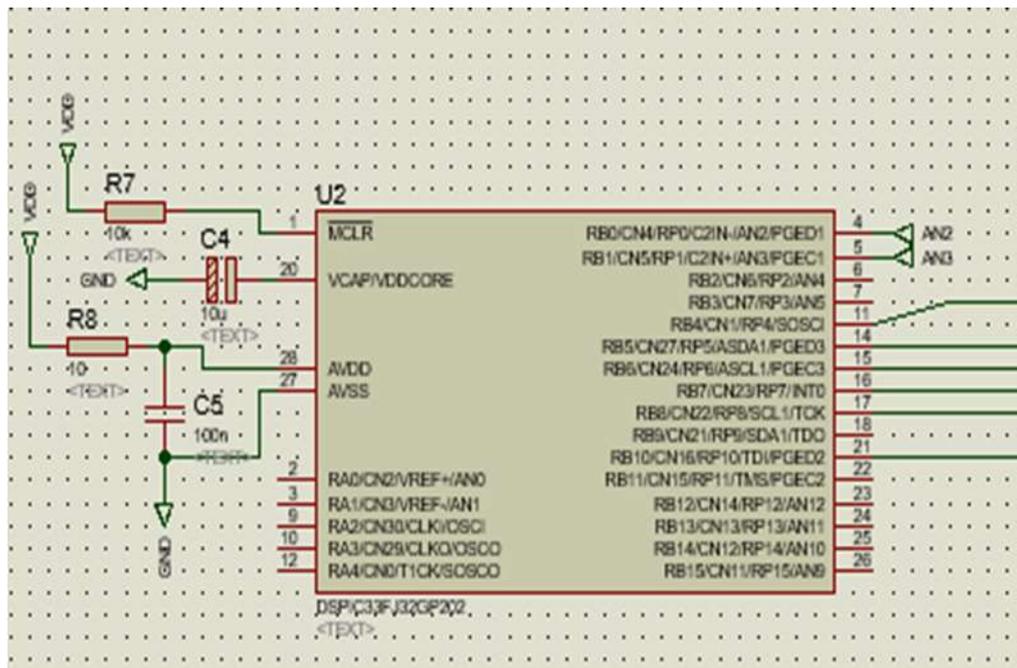


Figure II.14: schéma « ISIS » de câblage de DSPIC33FJ32GP202

II.6. Afficheur LCD

Dans notre projet on a besoin d'afficher plusieurs informations sur la consommation globale des charges, pour cela nous allons choisir d'utiliser un afficheur LCD.

Les raisons de choisir ce type d'afficheur sont les suivantes :

Il est facile à brancher aux circuits imprimés.

- Pour un bon fonctionnement il nécessite peu de composant externe.
- Un nombre de lignes et de caractères acceptable pour cette application (2 lignes et 16 caractères).
- Il est capable d'afficher des lettres, des chiffres et quelques symboles.

L'afficheur LCD sera directement relié aux pins du dsPIC33F. De plus, ce type d'écran consomme peu d'énergie environs 1 à 5mA. Pour commander un afficheur LCD il existe deux modes : Une commande en 4 bits qui ne nécessite pas beaucoup de broches, sept broches sont nécessaires pour les relier aux portes d'entrée/sortie du dsPIC33F afin de commander l'afficheur. Dans ce mode le nombre de 8 bits sera divisé en deux : les quatre premiers bits seront envoyés, c'est les quatre plus à gauche (les bits de poids fort) puis les quatre autres, les quatre les plus à droite (les bits de poids faible). Ainsi on peut commander l'afficheur en 8 bits, tel que ce mode nécessite un nombre élevée des broches par rapport au cas de mode 4 bits, donc avec ce mode (8 bits) on a besoin de 11 broches des portes d'entrée/sortie du

dsPIC33F pour commandé l'afficheur, aussi avec le mode 8 bits la vitesse de changement d'information est deux fois plus rapide que celle de 4 bits.

De plus, pour comprendre bien comment utiliser ce afficheur il faut connaitre le rôle des différents pins de l'écran LCD[20] :

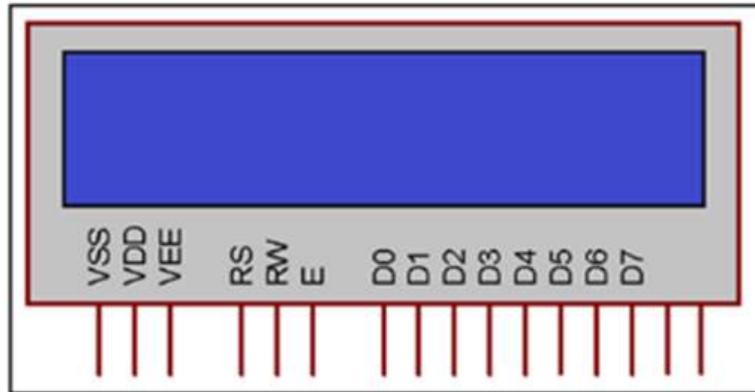


Figure II.15: Afficheur LCD et son brochage.

- Les pins VSS et VDD sont utilisé pour alimenter l'écran LCD (alimentation positive +5V).
- Le pin VEE est branché à un potentiomètre afin de régler l'affichage, c'est-à-dire qu'il est utilisé pour régler le contraste de l'écran.
- Le pin RS , est capable de faire la différence entre une commande et une donnée, tel que par exemple un niveau bas indique une commande et un niveau haut indique une donnée.
- Le pin R/W est toujours connecté au grounds, c'est un sélecteur de mode lecture ou écriture (Read/Write).
- Le pin E est utilisé pour lancer ou pas l'écriture dans les zones mémoire.
- Les pins D0 à D3 sont utilisés pour transférer les instructions ou les données à l'afficheur LCD pour la communication 8 bits. Cependant pour la communication 4 bits ces bits sont reliaer au grounds (les bits de poids fort).
- Les pins D4 à D7 sont aussi utilisés pour transférer les instructions ou les données à l'afficheur LCD pour la communication (8 bits ou 4 bits), ils représentent les bits de poids faible.
- Les deux derniers pins tout à droite sont utilisés pour alimenter la LED du rétro-éclairage.



Figure II.16: Afficheur LCD alphanumérique 2 × 16.

II.7.Organigramme

L'organigramme suivant représente le fonctionnement général de notre système

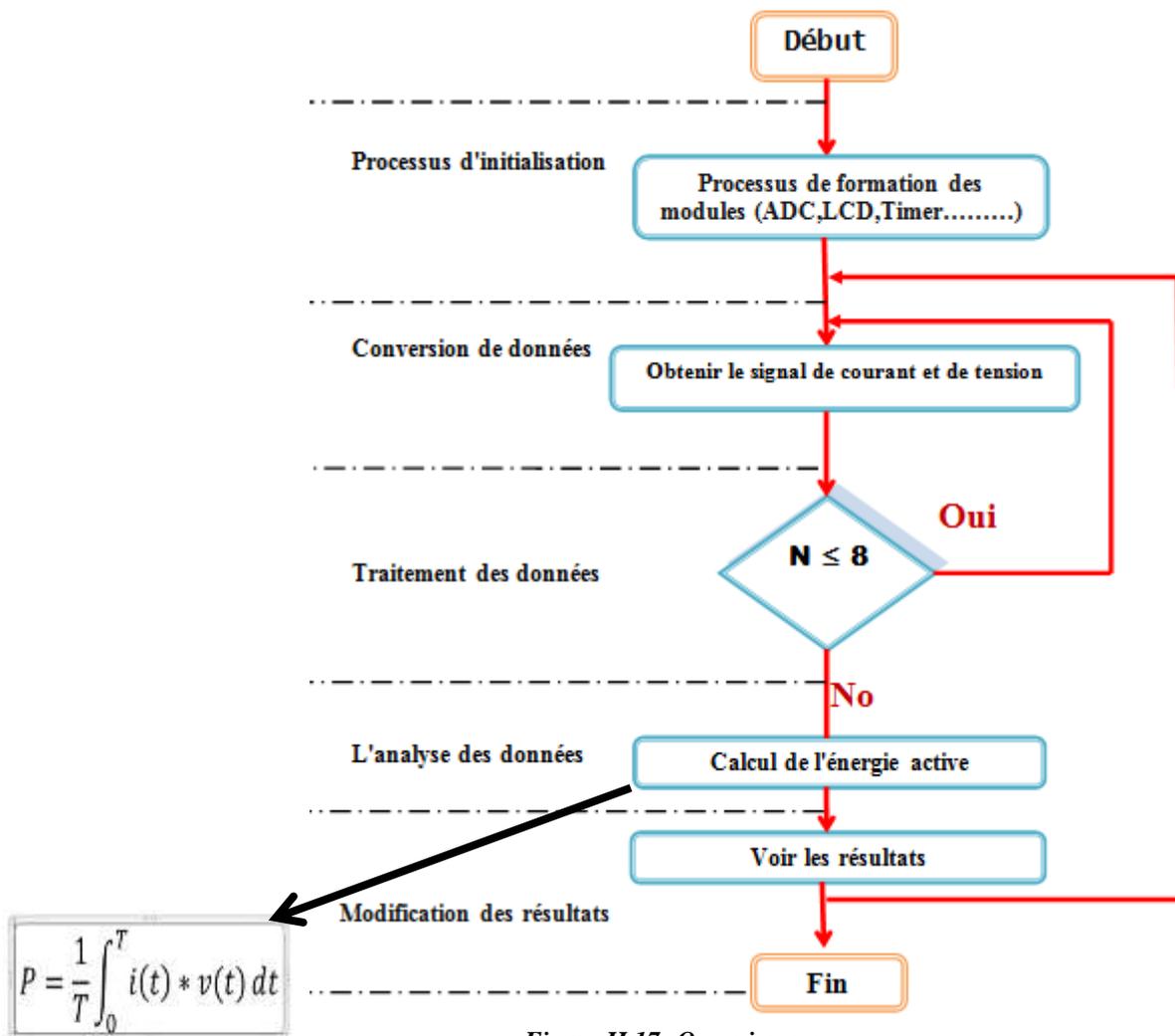


Figure II.17: Organigramme

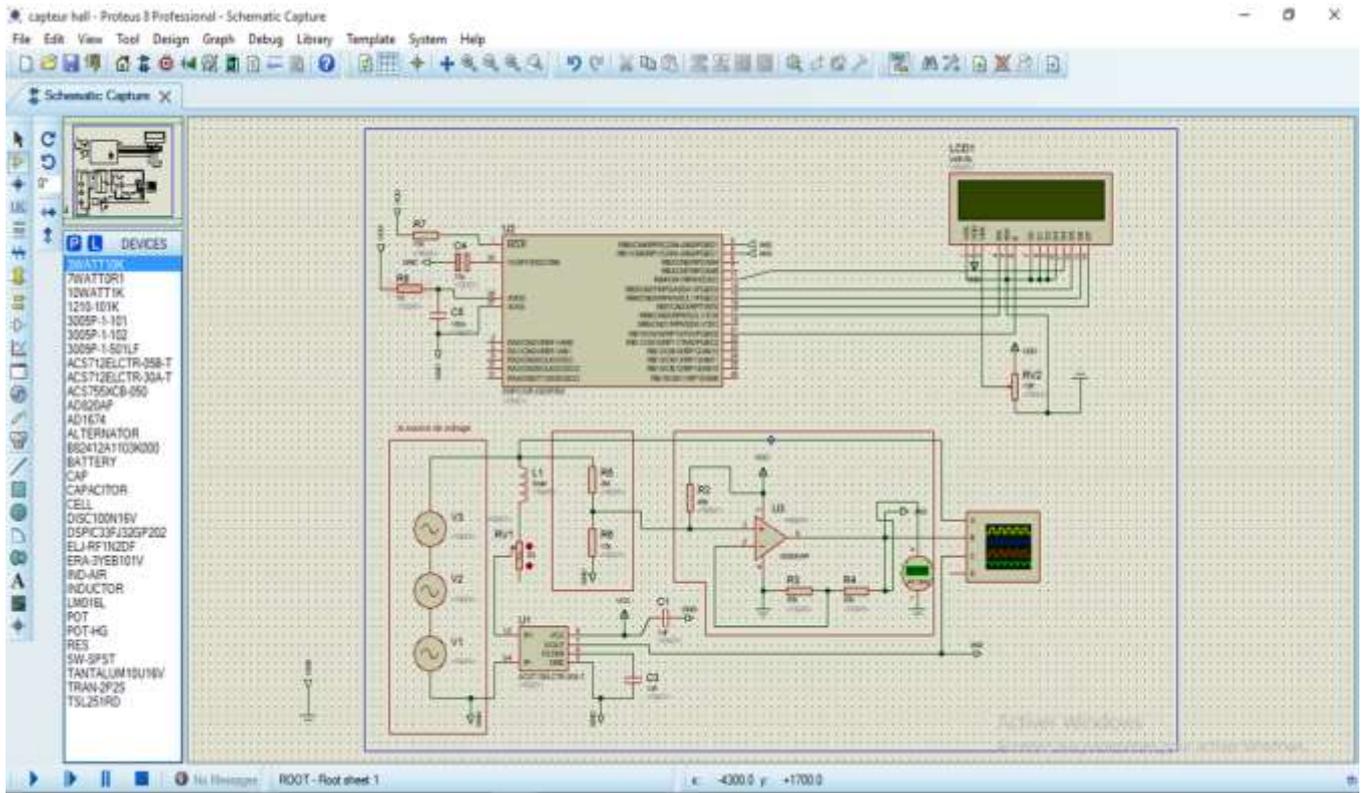


Figure II.18: Schéma générale dans <isis>

II.8.programmation

II.8.1Présentation de Compilateur mikroC POUR PIC

Le langage mikroC pour PIC a trouvé une large application pour le développement de systèmes embarqués sur la base de microcontrôleur. Il assure une combinaison de l'environnement de programmation avancée IDE (Integrated Development Environment), et d'un vaste ensemble de bibliothèques pour le matériel, de la documentation complète et d'un grand nombre des exemples. [5]

Après la compilation le fichier source est sauvegardé avec l'extension .C.

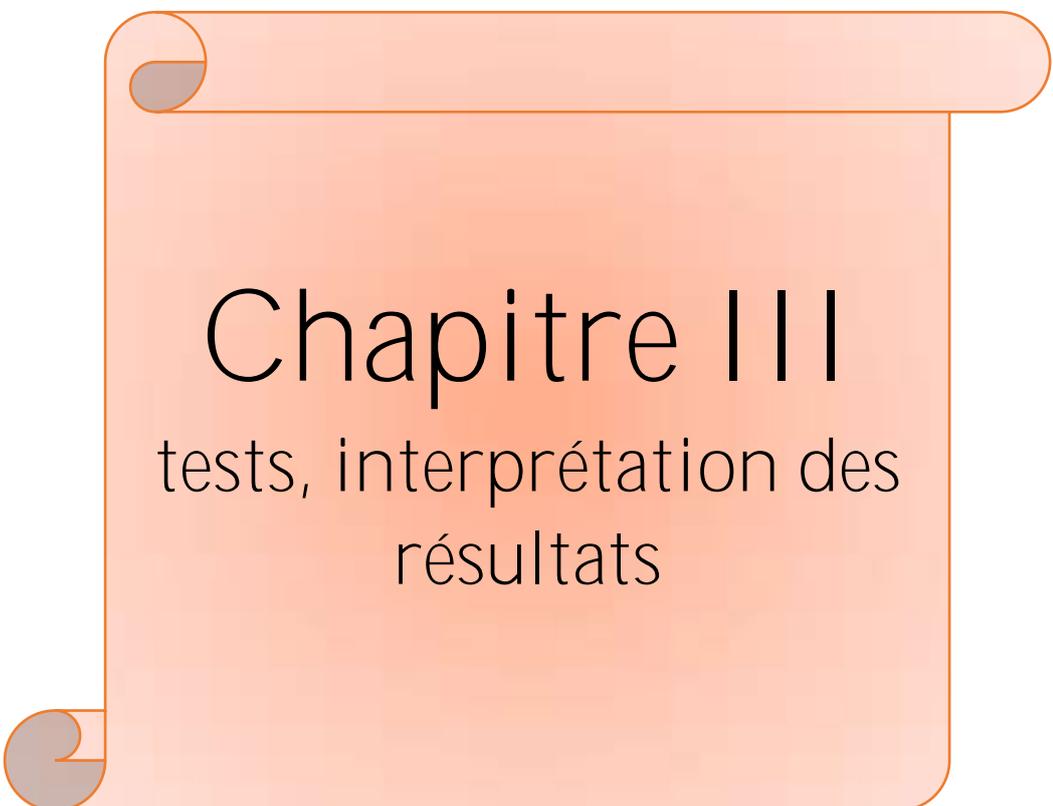
Une fois que le programme source est figé, le compilateur mikroC donne une facilité du programmer le pic directement en transformant le programme source en un programme exécutable "binaire". L'extension du fichier sera alors .HEX (hexadécimal).

II.9.Conclusion

Après avoir fait connaissance avec Proteus Software (ISIS) et Mikroc.

Nous sommes considérés comme l'un des meilleurs logiciels de programmation et de simulation microcontrôleurs.

Par conséquent, nous utiliserons ces deux programmes pour mettre en œuvre nos projets d'étude après avoir décrit tous les éléments du projet Nous avons programmé dspic.



Chapitre III

tests, interprétation des
résultats

III.1.Introduction

Après avoir installé et expliqué tous les éléments de l'expérience.

Dans ce chapitre, nous allons lire les résultats de l'expérience, les analyser et noter chaque tendance

III.2.Charge résistive

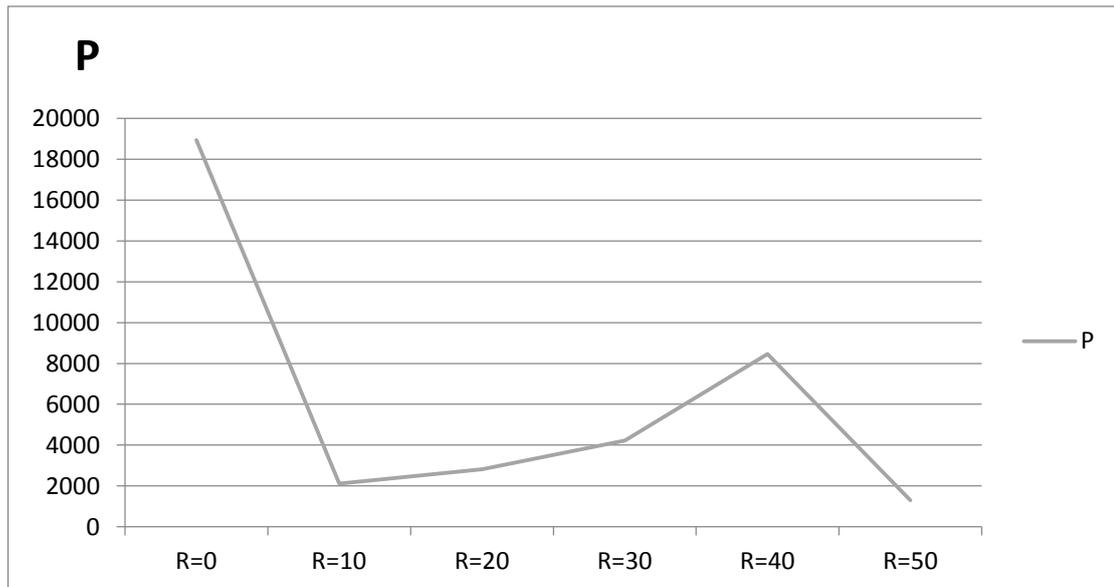


Figure III.1: Courbe de charge résistive

- Une analyse 1

On remarque que la courbe entre R=0 à R=10, on remarque une augmentation de la valeur de La puissance active, puis on remarque R=10 et R=30, on remarque une augmentation de La puissance activité, et entre R= 40 et R=50 on remarque une diminution

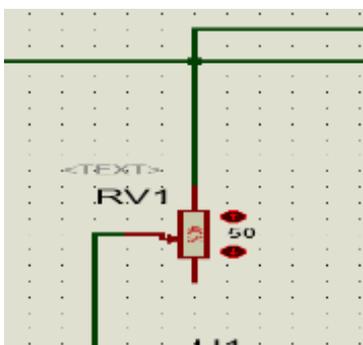


Figure III.2: Montage Charge résistive dans ipsis

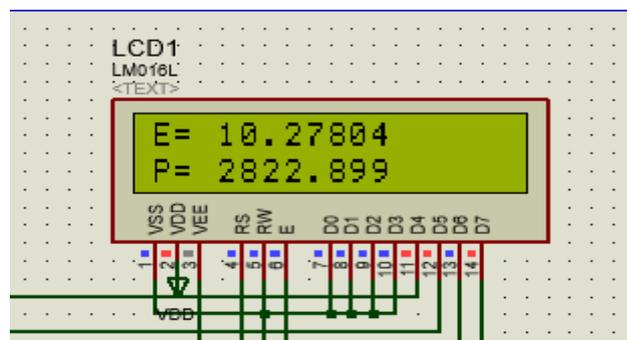


Figure III.3: Valeur d'énergie active et la puissance active dans l'écran lcd

III.3.Charge inductive

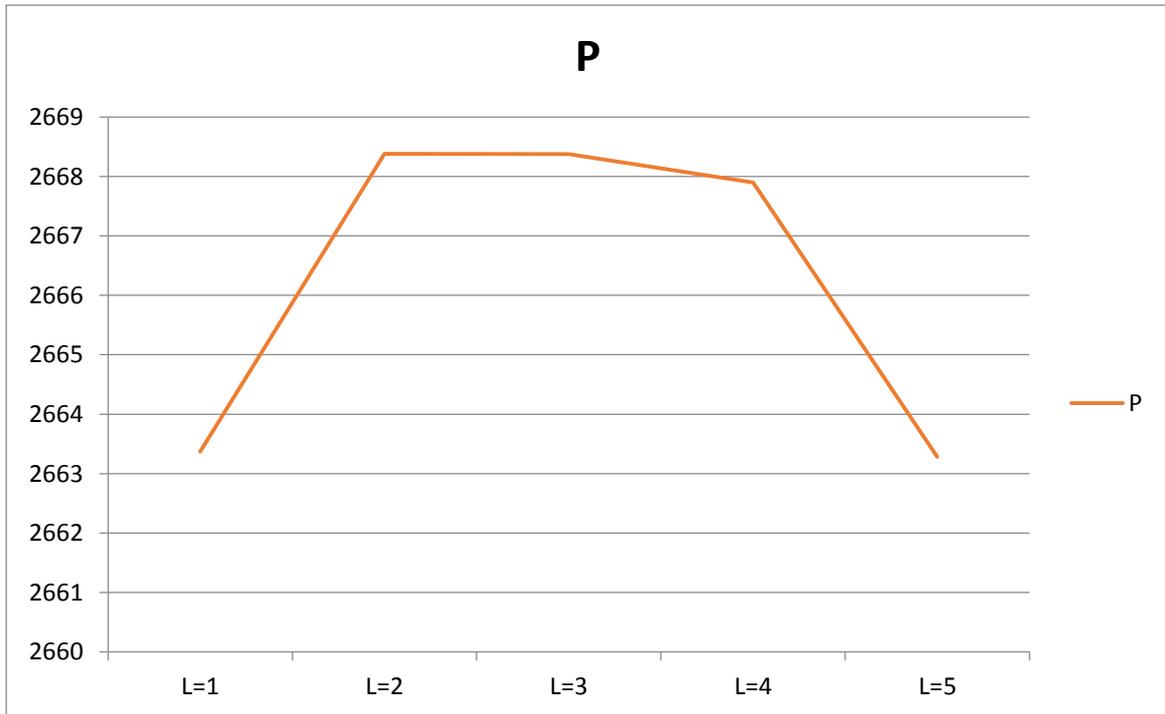


Figure III.4: Courbe de charge inductive

- Une analyse 2

On remarque que lorsqu'il est à 1mh, la valeur de La puissance active augmente, mais pour L3hm, L2hm et L4hm elle est constante, et L5m diminue

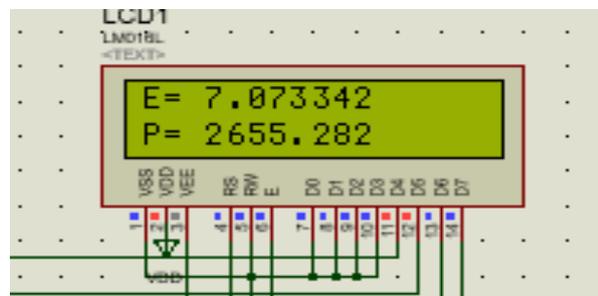
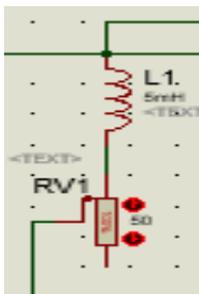


Figure III.5: Montage Charge inductive dans isis

Figure III.5: Valeur d'énergie active et la puissance active dans l'écran lcd

III.3.Charge capacitive

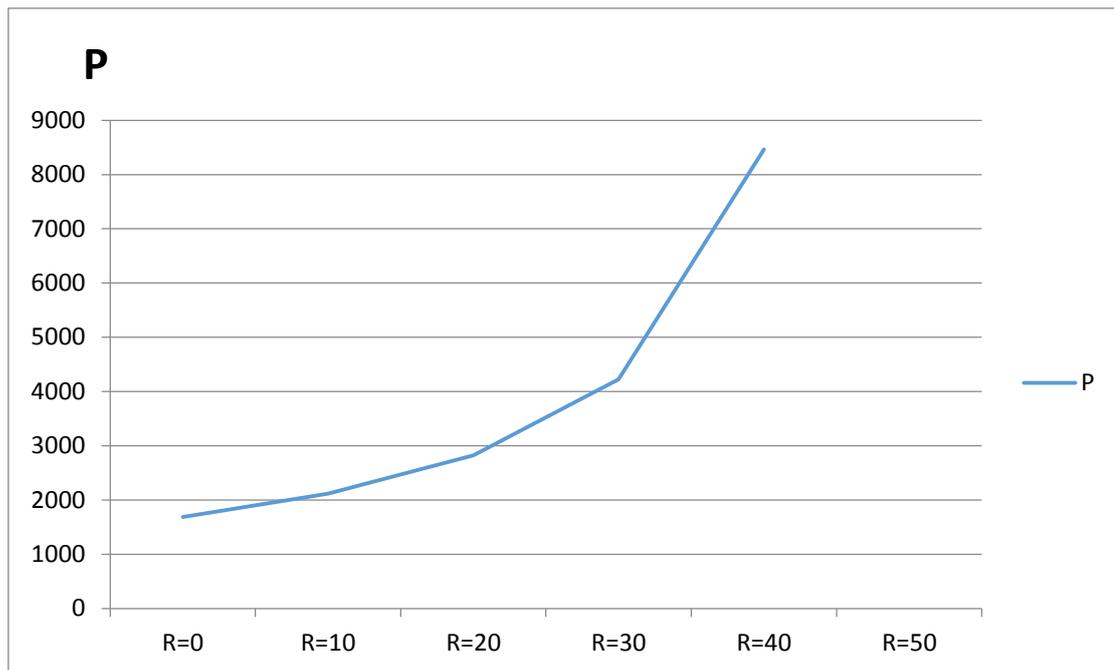


Figure III.7: Courbe de charge capacitive

- Une analyse 3

On remarque une augmentation de la force de La puissance active, plus la résistance augmente

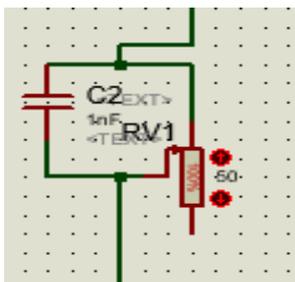


Figure III.8: Montage Charge capacitive dans isis

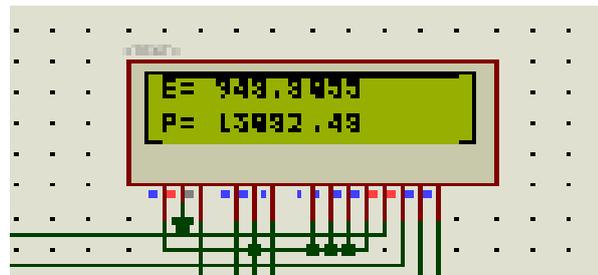


Figure III.9: Valeur d'énergie active et la puissance active dans l'écran lcd

III.4.Le courant alternatif

Pour des raisons historiques, principalement technologiques, l'électricité énergie est aujourd'hui très largement produite, transportée, distribuée et consommée en courant alternatif. En réalité, on devrait dire sous tension alternative, car c'est la tension (en volts) qui est imposée. En électricité, la tension est généralement notée v ou u . Alternative signifie qu'elle oscille autour d'une valeur moyenne nulle, en outre, sa forme d'onde $v(t)$ est de type

sinusoïdal (voir figure 1). La fréquence, notée f , de ses alternances entre une valeur positive maximale V_M et une valeur négative minimale $-V_M$ est égale soit à 50 Hz (hertz), soit à 60 Hz selon les zones géographiques. 50 Hz signifie 50 périodes par seconde, donc une période, notée T , de $1/50 = 20$ ms (millisecondes).

L'amplitude (valeur maximale ou crête) est notée V_M (en volts), mais la grandeur généralement spécifiée est la valeur efficace notée simplement V (voire V_{eff} ou V_{rms} en anglais). Par exemple, le réseau domestique français délivre une tension nominale (efficace) de 230 V (et non plus 220 V comme on le dit souvent) avec une tolérance de $\pm 10\%$ (soit une fourchette de 207 V à 253 V) et une fréquence de 50 Hz qui dévie très peu de sa valeur nominale et que nous considérerons constante. Pour une forme d'onde sinusoïdale, la relation entre l'amplitude (valeur maximale) V_M et la valeur efficace V est : $V_M = \sqrt{2} \cdot V$ avec $\sqrt{2} \cong 1,414$, ce qui signifie que l'amplitude de la tension correspondant à 230 V vaut 325 V. **La tension distribuée est ainsi caractérisée principalement par deux grandeurs : sa valeur efficace et sa fréquence.** Pour être rigoureux, on devrait parler de tension alternative sinusoïdale, mais on parlera dans la suite de tension alternative, tout court.

III.5 La puissance en alternatif sinusoïdal (raisonnements en régime monophasé)

En électricité, la puissance p (en watts) est égale au produit de la tension par le courant:

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) \quad (\text{III.1})$$

En courant alternatif, comme v et i varient en fonction du temps, la puissance (sauf cas particuliers) n'est pas constante, on appelle p ou $p(t)$ la **puissance instantanée** et P la **puissance active** (en watts, symbole W), souvent appelée **puissance** tout court. La puissance active P est égale à la moyenne de la puissance instantanée et correspond à l'énergie effectivement transférée, ou convertie (l'énergie est égale à la puissance multipliée par le temps).

D'une façon générale, s'il y a un déphasage quelconque entre le courant et la tension (voir chapitre précédent) et **à condition que le courant reste sinusoïdal**, la puissance active s'exprime par :

$$P = V \cdot I \cdot \cos(\varphi) \quad (\text{III.2})$$

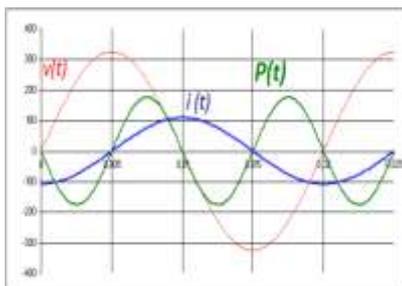
où V et I sont les valeurs efficaces de la tension et du courant, ($\cos(\varphi)$ est le cosinus de l'angle de déphasage φ).

Lorsque v et i sont en phase (charge résistive, $\varphi = 0$ et $\cos(\varphi) = 1$) : $P = V \cdot I = 12 V_M \cdot I_M$

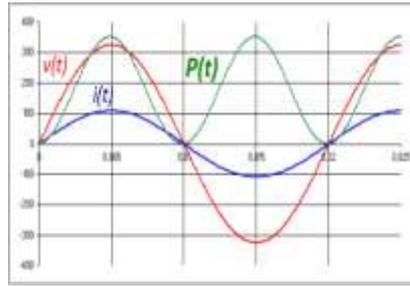
Lorsque v et i déphasés de 90° (charge purement inductive ou purement capacitive, $\cos(\varphi) = 0$) : $P=0$

La figure suivante montre l'évolution de la puissance instantanée $p(t)$ pour une charge purement résistive (à gauche), une autre purement réactive (au milieu) et une charge résistive et inductive

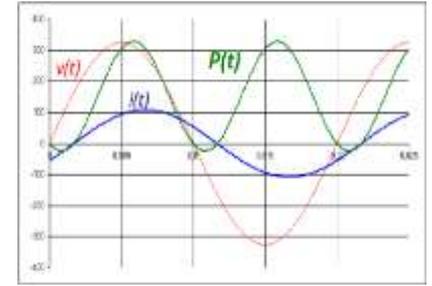
($\varphi = 30^\circ$, correspondant à un douzième de période)



a- Charge résistiv



b- Charge purement inductive



c- Charge partiellement inductive ($\varphi = 30^\circ$)

Figure III.10: Puissance instantanée $p(t) = v(t) \cdot i(t)$ pour 3 types de charge.

La puissance instantanée $p(t)$ reste toujours positive (voir Fig. 5a) dans le cas d'une charge résistive, autrement dit, la charge est, en chaque instant, consommatrice d'énergie. Alors que dans le cas d'une charge purement inductive (Fig. 5b) ou purement capacitive (Fig. 5c), on peut remarquer que la puissance instantanée est purement alternative, ce qui explique qu'elle ait une valeur moyenne nulle, donc une puissance active égale à zéro. Avec les conventions choisies, lorsque la puissance instantanée est positive, la charge stocke de l'énergie, puis lorsqu'elle est négative, elle la déstocke. Autrement dit, ce type de charge, purement réactive, ne consomme pas d'énergie mais fait circuler du courant entre la source (réseau) et la charge. Ce courant, qui ne transporte pourtant pas d'énergie en moyenne (puissance active nulle), occasionne des pertes par effet Joule (chaleur dissipée) dans les lignes ainsi que dans les transformateurs et les générateurs. Comme c'est la valeur efficace du courant qui est dimensionnante pour les lignes et autres équipements situés en amont de l'abonné, ce courant « inutile » conduit à des surcoûts (investissement et pertes d'énergie) qu'il faut bien payer.

C'est pourquoi on quantifie la capacité de transport d'une ligne électrique, non pas en watts, mais en volts-ampères (VA, prononcer véa) et que l'on utilise pour cela la notion de **puissance apparente, notée S** :

$$S = V.I \quad (\text{III.3})$$

Dans une installation domestique, la **puissance souscrite** (en volts-ampères ou VA) au distributeur qui correspond à l'abonnement et à la valeur maximale du courant efficace tolérée par le disjoncteur qui a été réglé de façon cohérente avec celle-ci. C'est pourquoi la puissance souscrite est une puissance apparente qui s'exprime en VA. Pour faire une analogie avec une distribution de fluide, le réglage du courant de disjonction est en quelque sorte le réglage du débit maximal.

Si le réglage du disjoncteur a été fait pour une valeur de 30 A efficaces, cela correspond à une puissance (apparente) souscrite de $30 \times 230 = 6900 \text{ VA} = 6,9 \text{ kVA}$ (prononcer kavéa), dans le langage courant, on approxime à 6 kVA (ce qui constitue d'ailleurs une ambiguïté, paye-t-on un abonnement 30 A ou 6 kVA ??)

On appelle **facteur de puissance, noté F_p** , le rapport entre la puissance active et la puissance apparente :

$F_p = P/S$, il est toujours inférieur ou égal à 1

Dans le cas où la charge est linéaire, c'est-à-dire que le courant reste sinusoïdal, la puissance active s'exprime par :

$$P = V.I.\cos(\varphi) \quad (\text{III.4})$$

alors : le facteur de puissance vaut :

$$F_p = \cos(\varphi) \quad (\text{III.5})$$

Si la charge est purement résistive, la puissance apparente est égale à la puissance active et le facteur de puissance est maximal et égal à 1, c'est le cas idéal correspondant au minimum de courant appelé au réseau, pour une puissance active donnée et donc pour une consommation d'énergie donnée

Mais dès qu'il y a des charges réactives, souvent inductives (transformateurs, moteurs...), le courant se trouve partiellement déphasé par rapport à la tension et, pour la même puissance active (et la même énergie consommée), on consomme un courant efficace plus élevé, ce que traduit un facteur de puissance inférieur à 1 et, donc, à plus de courant efficace appelé au réseau à puissance active donnée.

III.6.CONCLUSION

La réalisation pratique des montages était pour nous une expérience très enrichissante du fait que nous avons vécu un cas réel de conception et fabrication. Les expériences que nous avons menées durant ce chapitre nous ont montré que l'étude théorique et l'étude par simulation étaient très proches de la réalité pratique, sauf que la théorie ne tient pas compte des problèmes d'origine aléatoire. Nous avons donc pu tester notre montage afin de déterminer ses performances et limites. D'autre part, on peut même utiliser des capteurs de courant et de tension. Ces capteurs vont être reliés à notre DsPIC ce qui nous permet de mesurer la distance sans faire des calculs complexes, c'est une étape qu'on pourrait l'envisager dans le future.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans cette thèse, nous étudions et concevons un prototype de comptage d'énergie active basé sur un microcontrôleur dspic et considérons les techniques et applications associées.

Après avoir développé les différents circuits électroniques, nous avons étudié chaque bloc du compteur d'énergie, bloc de mesure de tension, bloc de mesure de courant, et bloc d'affichage...

Notre mémoire a bien montré les technique essentielles qu'il faut avoir pour maitriser la commande par les microcontrôleurs.

Nous avons donné des exemples simples et claires qui aident finalement le lecteur a bien s'initier avec la commande par les microcontrôleurs.

D'autre part , nous avons montré qu' il faut avoir chez le futur chercheur des acquits de devers disciplines (électrique , électronique, informatique,) pour conquérir le domaine de la commande par les microcontrôleurs.

Par ailleurs, n'oublions pas que le jeune chercheur doit jouir du savoir faire pratique pour pouvoir appliquer la théorie sur des équipements électriques réels:

c'est le grand déficit pour les chercheurs.

En définitive, la perspective de notre travail qui reste c'est faire synchroniser fonctionnant parallèlement deux microcontrôleurs pour commander un processus industriel quelconque.

Dans le premier chapitre, nous avons présenté les différents types de compteurs de consommation, la conception et le principe de fonctionnement, ainsi que les avantages et inconvénients de chaque type de compteur d'énergie.

Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté les outils de notre projet et défini notre cahier des charges en donnant les différentes caractéristiques de chaque composant, et nous avons également appris beaucoup de choses comme utiliser le programme Mikro C pour programmer des microcontrôleurs à l'aide du programme Protues qui simule des circuits électriques, avec laquelle nous avons appris à travailler et présenté ses avantages, comme son importance dans une simulation L'expérience, puis nous avons consacré le dernier chapitre à la lecture et à l'analyse des résultats de l'expérience, qui a été très satisfaisante, car elle montre la possibilité de développer des méthodes de comptage d'énergie active Il serait intéressant de développer cette expérience avec le bénéfice de l'étude, des dimensions et de la simulation qui a été menée



Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BINGONOF, "cours sur la programmation des microcontrôleurs, seconde partie révision. 21 ,2010". http://www.ebanque-pdf.com/fr_cour-pic-bigonoff-16f877.html.
- [2] "afficheur LCD", http://www.es-france.com/catalogue/265_501_505_577/index.html.
- [3] LAKHDARI.F.M « Introduction à la simulation et routage des circuits avec le logiciel PROTEUS V7 et V8 » Polycopie des travaux, USTO-MB 2016/2017
- [4] Rjeb.B, Waz .R : « Projet de réalisation d'une maquette didactique à base de pic 16F877»2007
- [5] V. TOURTCHINE. Cours de programmation en mikroC. Application pour les microcontrôleurs de la famille PIC .BOUMERDES. 2012.
- [6] <https://www.electrical4u.com/voltage-sensor/>
- [7] <https://in.element14.com/sensor-current-sensor-technology>
- [8] Monoarul Alam Siddiqui et Md. Ehtesum Mahmudul Islam. In partial fulfilment of the requirements for the Bachelor of Science degree in Electrical
- [9] Alex CHAMORRO COLOMA. Correction de mouvements parasites en temps réel basé sur l'interférométrie laser Self-Mixing, 29 Août 2012.
- [10] <https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/maison-compteur-electrique-10598>
- [11] Alan S. Morri, "Measurement and Instrumentation Principles", 3ème édition, Edition Butterworth-Heinemann, 2001.
- [12] 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.
- [13] Lamia HASNAOUI et Salma GABBADI. (Juin 2017). Etude des compteurs d'énergie électrique. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah. Maroc.
- [14] <https://www.expertise-energie.fr/compteurs/tout-savoir-sur-le-compteur-electromecanique/>
- [15] <https://www.l lynx.fr/energie/comparateur-electricite/compteur-electrique/compteurs-electroniques/>
- [16] <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-compteur-intelligent-6952/>
- [17] <https://www.energuide.be/fr/questions-reponses/quest-ce-quun-compteur-intelligent/126/>

- [18] <https://www.vinci-energies.com/cest-deja-demain/pour-une-energie-maitrisee/smart-gridle-reseau-electrique-qui-evolue-avec-les-usages/>
- [19] <https://www.comparateur-energie.be/blog/2019/10/22/quoi-s-attendre-avec-le-ompteurintelligent/>
- [20] N. H. NGUYEN « Développement de méthodes intelligentes pour la gestion énergétique des bâtiments, utilisant des capteurs sans fils », doctorat à l'université de Grenoble, 2011
- [21] F. LAZAAR and A. KERMAL, "Amélioration d'un prototype de compteur intelligent avec intégration de système de communication." Ph.D. dissertation, Université de Tlemcen, 2019.
- [22] L. H. . S. GABBADI., "Etude des compteurs d'énergie électrique." UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE, Tech. Rep.,2017.
- [23] "Compteurs électriques modulaires/disponible enligne :www.polier.fr.consultée :25/08/2022."
- [24] G. C. A. test & mesure., "Dossier equipement electrique," Revue d'information technique Réseaux électriquesles centrales de mesure., été1999.
- [25] M. N. et Bowen BAI Tanya ANGELOVA, "Compteurs intelligents :état des lieux des déploiements statut des données et respect de la vie privée," Institut des sciences appliquée ROUEN, Tech. Rep.



Annexe

En suivant les mêmes étapes dans le projet précédent et en utilisant le programme suivant :

```

* // LCD module connections
* sbit LCD_RS at LATB6_bit;
* sbit LCD_EN at LATB10_bit;
* sbit LCD_D0 at LATB0_bit;
* sbit LCD_D1 at LATB1_bit;
* sbit LCD_D2 at LATB2_bit;
* sbit LCD_D3 at LATB3_bit;
* sbit LCD_D4 at LATB4_bit;
* sbit LCD_D5 at LATB5_bit;
10 sbit LCD_D6 at LATB6_bit;
* sbit LCD_D7 at LATB7_bit;
*
* sbit LCD_RS_Direction at TRISB6_bit;
* sbit LCD_EN_Direction at TRISB10_bit;
* sbit LCD_D0_Direction at TRISB0_bit;
* sbit LCD_D1_Direction at TRISB1_bit;
* sbit LCD_D2_Direction at TRISB2_bit;
* sbit LCD_D3_Direction at TRISB3_bit;
* sbit LCD_D4_Direction at TRISB4_bit;
* sbit LCD_D5_Direction at TRISB5_bit;
20 sbit LCD_D6_Direction at TRISB6_bit;
* sbit LCD_D7_Direction at TRISB7_bit;

```

```

* // End LCD module connections
void initAnalog(void)
{
    ADCON1bits.FORM = 0; // Data Output Format: int
    ADCON1bits.SSRC = 1; // Sample Clock Source: GP Timer starts conversion
    ADCON1bits.ASAM = 0; // ADC Sample Control: Sampling begins immediately after conversion
    ADCON1bits.ADFR = 0; // 10-bit ADC operation
    ADCON1bits.SDSM = 1; // simultaneous sampling with sequential conversion

    ADCON1bits.CHS = 1; // Converts CH0 and CH1

    ADCON1bits.ADFC = 0; // ADC Clock is derived from System Clock
    ADCON1bits.ADCS = 0; // ADC Conversion Clock  $f_{clk} = f_{osc} / (ADCS + 1) = 1 / 128 = 0.1 \mu s$  (12.5 kHz)
    // ADC Conversion Time for 10-bit  $T_c = 12 * T_{ad} = 1.2 \mu s$ 

    ADCON2bits.VCFG = 0; // no ARef+ = AVDD and ARef- = AVSS
    ADCON2bits.SMP1 = 7; // SMP1 must be 7

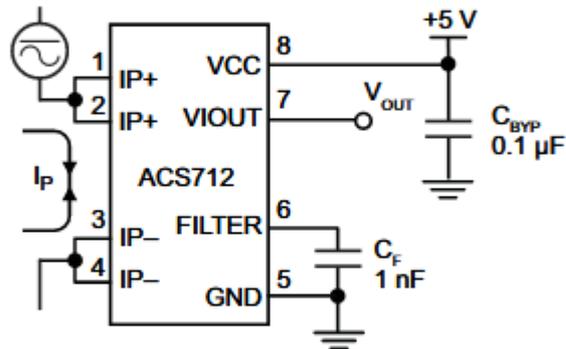
    //ADCON3: A/D Input Select Registers
    ADCON3bits.CH0SA = 1; // CH0 -ve input selection (AIN) for CH0
    ADCON3bits.CH0NA = 0; // CH0 -ve input selection (Pref-) for CH0

    ADCON3bits.CH1SA = 1; // CH1 -ve input selection (AIN) for CH1
    ADCON3bits.CH1NA = 0; // CH1 -ve input selection (Pref-) for CH1

    //ADIFCFG/ADIFCFE: Port Configuration Register
    ADIFCFG = 0xFFFF; // all ports are digital
    ADIFCFEbits.PCFG0 = 0; // AN0 as Analog Input
    ADIFCFEbits.PCFG1 = 0; // AN1 as Analog Input
}

```


Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT} , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sampled current, I_P , within the range specified. C_F is recommended for noise management, with values that depend on the application.

Selection Guide

Part Number	Packing*	T_A (°C)	Optimized Range, I_P (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V_{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V_{RCC}		-0.1	V
Output Voltage	V_{IOUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V_{RIOUT}		-0.1	V
Output Current Source	$I_{IOUT(SOURCE)}$		3	mA
Output Current Sink	$I_{IOUT(SINK)}$		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I_P	1 pulse, 100 ms	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T_A	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	$T_J(max)$		165	°C
Storage Temperature	T_{stg}		-65 to 170	°C

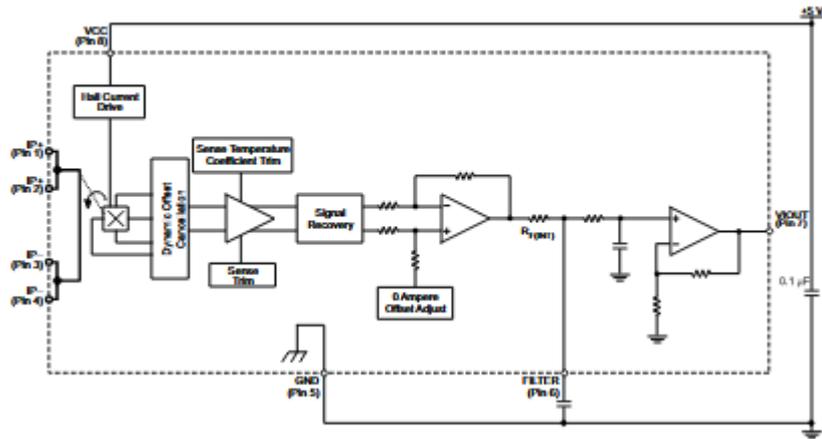
Isolation Characteristics

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Unit
Dielectric Strength Test Voltage*	V_{ISO}	Agency type-tested for 60 seconds per UL standard 60950-1, 1st Edition	2100	VAC
Working Voltage for Basic Isolation	V_{WFSI}	For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	354	VDC or V_{pk}
Working Voltage for Reinforced Isolation	V_{WFRI}	For reinforced (double) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	184	VDC or V_{pk}

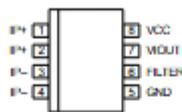
* Allegro does not conduct 60-second testing. It is done only during the UL certification process.

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001

Functional Block Diagram



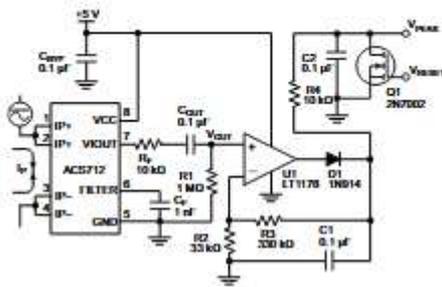
Pin-out Diagram



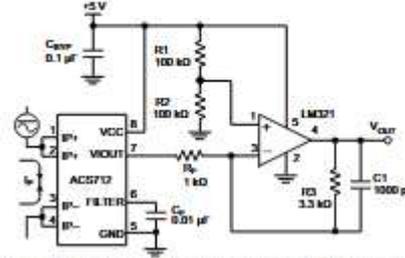
Terminal List Table

Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sampled; fused internally
3 and 4	IP-	Terminals for current being sampled; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal

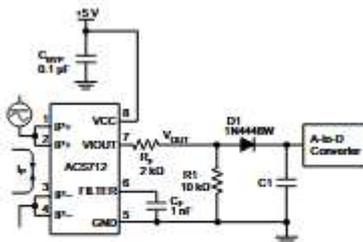
Typical Applications



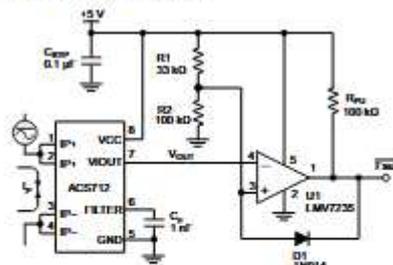
Application 2. Peak Detecting Circuit



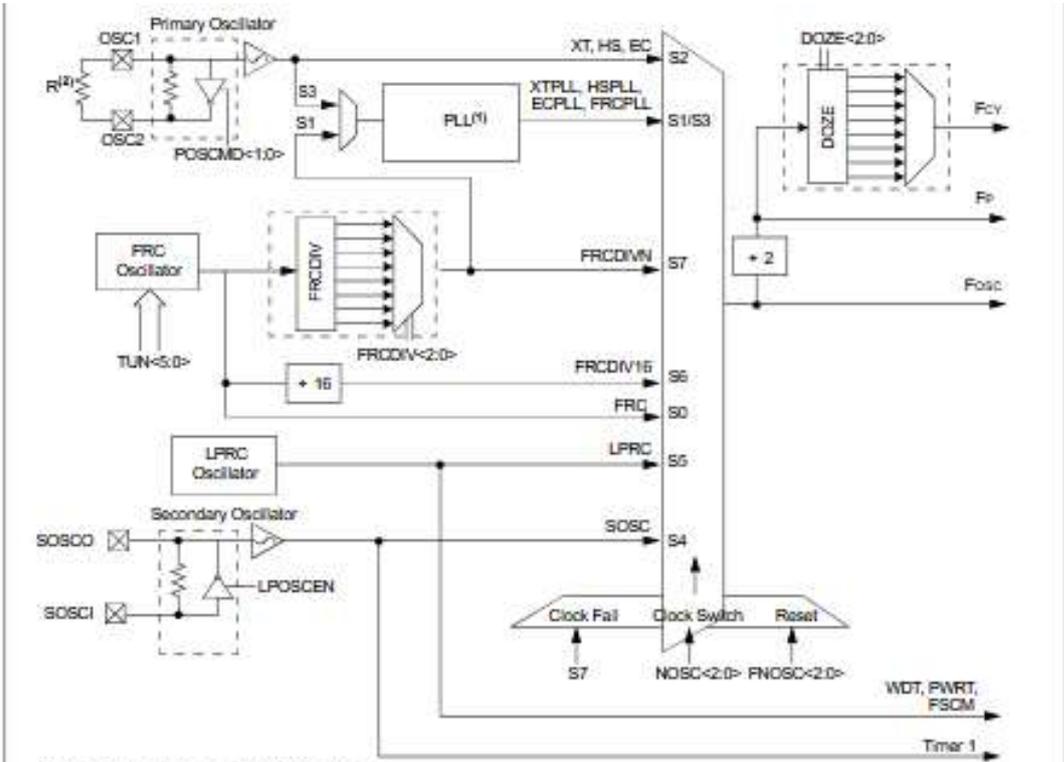
Application 3. This configuration increases gain to 610 mV/A (tested using the ACS712ELO-05A).



Application 4. Rectified Output. 3.3 V scaling and rectification application for A-to-D converters. Replaces current transformer solutions with simpler ACS circuit. C1 is a function of the load resistance and filtering desired. R1 can be omitted if the full range is desired.



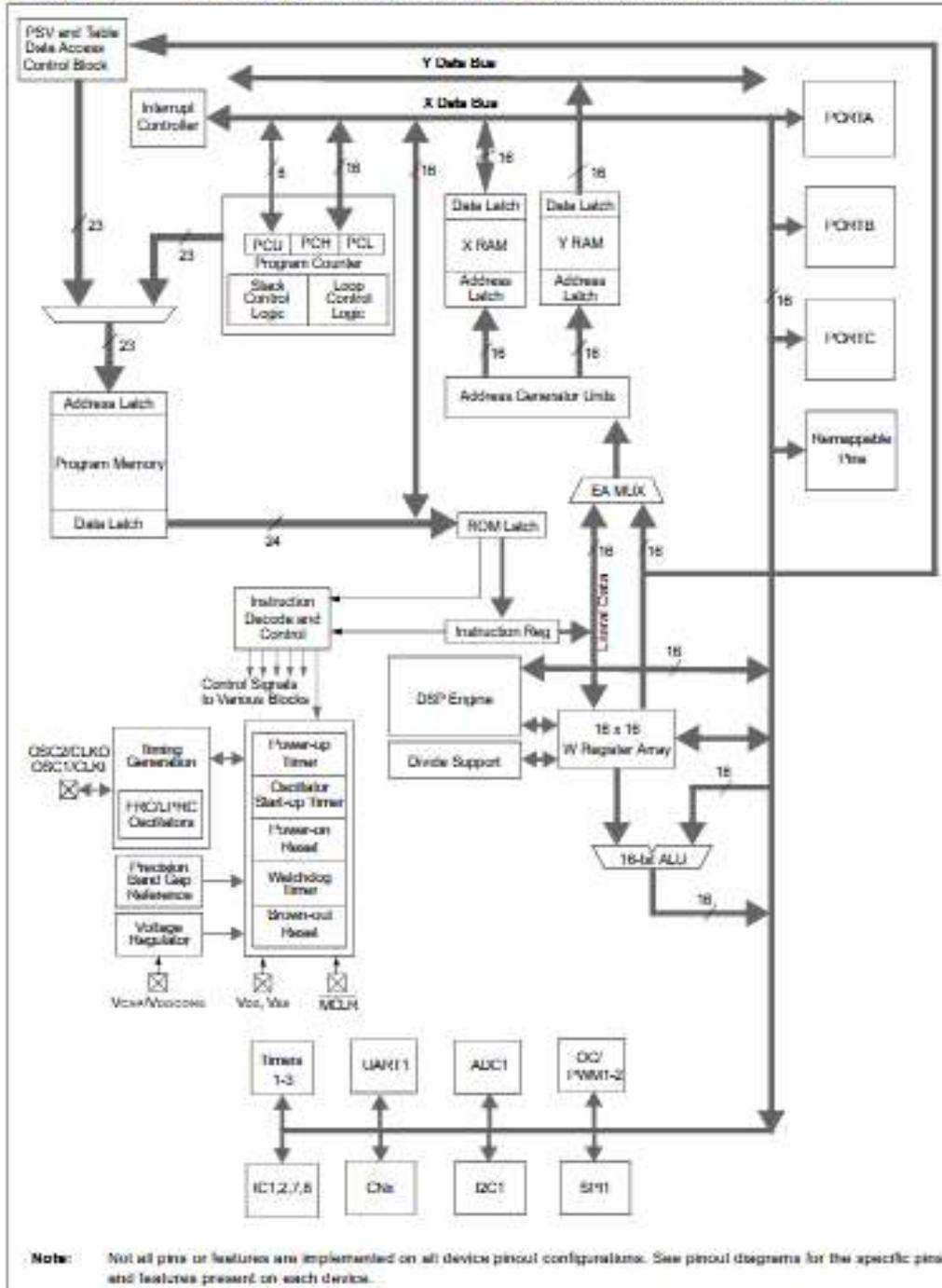
Application 5. 10 A Overcurrent Fault Latch. Fault threshold set by R1 and R2. This circuit latches an overcurrent fault and holds it until the 5 V rail is powered down.



Note 1: See Figure 8-2 for PLL details.

Note 2: If the Oscillator is used with XT or HS modes, an external parallel resistor with the value of 1 MΩ must be connected.

FIGURE 1-1: dsPIC33FJ32GP202/204 and dsPIC33FJ16GP304 BLOCK DIAGRAM



Operating Range:

- Up to 40 MIPS operation (@ 3.0-3.6V):
 - Industrial temperature range (-40°C to +85°C)
 - Extended temperature range (-40°C to +125°C)
- Up to 20 MIPS operation (@ 3.0-3.6V):
 - High temperature range (-40°C to +140°C)

High-Performance DSC CPU:

- Modified Harvard architecture
- C compiler optimized instruction set
- 16-bit wide data path
- 24-bit wide instructions
- Linear program memory addressing up to 4M instruction words
- Linear data memory addressing up to 64 Kbytes
- 83 base instructions, mostly one word/one cycle
- Sixteen 16-bit General Purpose Registers
- Two 40-bit accumulators with rounding and saturation options
- Flexible and powerful addressing modes:
 - Indirect
 - Modulo
 - Bit-Reversed
- Software stack
- 16 x 16 fractional/integer multiply operations
- 32/16 and 16/16 divide operations
- Single-cycle multiply and accumulate:
 - Accumulator write back for DSP operations
 - Dual data fetch
- Up to ± 16 -bit shifts for up to 40-bit data

Interrupt Controller:

- 5-cycle latency
- Up to 21 available interrupt sources
- Up to three external interrupts
- Seven programmable priority levels
- Four processor exceptions

On-Chip Flash and SRAM:

- Flash program memory (up to 32 Kbytes)
- Data SRAM (2 Kbytes)
- Boot and General Security for Program Flash

Digital I/O:

- Peripheral Pin Select Functionality
- Up to 35 programmable digital I/O pins
- Wake-up/Interrupt on-Change for up to 31 pins
- Output pins can drive from 3.0V to 3.6V
- Up to 5V output with open drain configuration
- All digital input pins are 5V tolerant
- 4 mA sink on all I/O pins

System Management:

- Flexible clock options:
 - External, crystal, resonator, internal RC
 - Fully integrated Phase-Locked Loop (PLL)
 - Extremely low jitter PLL
- Power-up Timer
- Oscillator Start-up Timer/Stabilizer
- Watchdog Timer with its own RC oscillator
- Fail-Safe Clock Monitor
- Reset by multiple sources

Power Management:

- On-chip 2.5V voltage regulator
- Switch between clock sources in real time
- Idle, Sleep and Doze modes with fast wake-up

Timers/Capture/Compare:

- Timer/Counters, up to three 16-bit timers:
 - Can pair up to make one 32-bit timer
 - One timer runs as Real-Time Clock with external 32.768 kHz oscillator
 - Programmable prescaler
- Input Capture (up to four channels):
 - Capture on up, down or both edges
 - 16-bit capture input functions
 - 4-deep FIFO on each capture
- Output Compare (up to 2 channels):
 - Single or Dual 16-Bit Compare mode
 - 16-bit Glitchless PWM Mode

FIGURE 7-1: dsPIC33FJ32GP202/204 and dsPIC33FJ16GP304 INTERRUPT VECTOR TABLE

Reset – GOTO Instruction	0x000000	
Reset – GOTO Address	0x000002	
Reserved	0x000004	
Oscillator Fail Trap Vector		
Address Error Trap Vector		
Stack Error Trap Vector		
Math Error Trap Vector		
Reserved		
Reserved		
Reserved		
Interrupt Vector 0	0x000014	Interrupt Vector Table (IVT) ⁽¹⁾
Interrupt Vector 1		
-		
-		
-		
Interrupt Vector 52	0x00007C	
Interrupt Vector 53	0x00007E	
Interrupt Vector 54	0x000080	
-		
-		
-		
Interrupt Vector 116	0x0000FC	
Interrupt Vector 117	0x0000FE	
Reserved	0x000100	
Reserved	0x000102	
Reserved		
Oscillator Fail Trap Vector		
Address Error Trap Vector		
Stack Error Trap Vector		
Math Error Trap Vector		
Reserved		
Reserved		
Reserved		
Interrupt Vector 0	0x000114	
Interrupt Vector 1		
-		
-		
-		
Interrupt Vector 52	0x00017C	
Interrupt Vector 53	0x00017E	
Interrupt Vector 54	0x000180	
-		
-		
-		
Interrupt Vector 116		
Interrupt Vector 117	0x0001FE	
Start of Code	0x000200	

A
A

Note 1: See Table 7-1 for the list of implemented interrupt vectors.