



LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES

Génie Electrique

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

Remplacement d'un compteur d'énergie
électrique électromécanique par un
compteur d'énergie électrique
numérique

Réalisé Par :

Youssef Belatik

Encadré par :

- **P^r**. Ahaitouf Ali (Encadrant FST FES)
- **Mr.** Hamdaoui Omar (Encadrant Entreprise)

Soutenu le 09 Juin 2018 devant le jury

- **Pr . Ali Ahaitouf** (FST FES)
- **Pr . Mhamed Lahbabi** (FST FES)
- **Pr . Mouhcine Razi** (FST FES)

Remerciement

Avant tout développement de cette expérience professionnelle je tiens à exprimer ma profonde gratitude en premier lieu au monsieur **le Professeur Ahaitouf Ali** mon encadrant à la FST pour ses précieuses aides, ça bonne humeur permanente et son chaleureux accueil et son encadrement malgré son nombreuses occupations.

Mes remerciements sont rendus également à monsieur **Mr. Idrissi (chef du département industriel)** et **Mr. Hamdaoui Omar (Responsable de la maintenance)**, qui nous ont donné la permission d'effectuer le stage et pour leur encadrement

Mr Alami (chef d'atelier d'injection), je suis très reconnaissant pour vos conseils et votre suivi.

Mes remerciements sont rendus également à tous les personnels travaillant dans les ateliers de C.E.A.C

Je remercie, également les membres de jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

J'ai le grand plaisir de remercier tous les professeurs de Faculté des sciences et technique «FST» pour leur compréhension, leurs disponibilité et leur soutien qu'ils m'ont apportés a fin d'assurer une bonne formation.

Sommaire

Liste des abréviations	5
Chapitre I : Présentation de l'entreprise d'accueil	7
1. Historique	7
2. Activités :	7
3. Structure des ateliers	10
Chapitre II : le compteur classique et le numérique	11
1. Compteur classique	11
1.1 Définition	11
1.2 Structure d'un compteur classique type M2X	12
1.3 Principe de fonctionnement (voir figure 15)	15
1.4 Exemple de réalisations	16
2. Compteur numérique	18
2.1) définition	18
2.2) type de compteur numérique	18
2.2.1) compteur analogique sortie numérique	18
2.2.1) compteur numérique tout numérique	18
2.3) les avantages et les inconvénients d'un compteur numérique	19
2.3.1) les avantages	19
2.3.2) les inconvénients	20
2.4) la réglementation d'installation d'un compteur numérique	21
Chapitre III: Fonctionnement d'un compteur numérique	21
1. Partie d'alimentation	21
1.1) Bloc d'alimentation double +/-12V (voir figure 20)	21
1.2) Bloc d'alimentation simple +5V (voir figure 22)	23
2. Elément principal d'un compteur numérique	24
2.1 Compteur analogique sortie numérique	24
2.2 Compteur numérique tout numérique	28
2.3. Le compteur communicant	31
<i>Bibliographie et Webgraphie :</i>	34

Listes des figures

- Figure1 : Compteur monophasé M2X
- Figure2 : compteur triphasé C114
- Figure 3 : organigramme d'entreprise d'accueil
- Figure 4 : implantation géographique de C.E.A.C
- Figure 5: la presse à injecter
- Figure 6 : compteur classique
- Figure 7 : bobine de tension
- Figure 8 : bobine de courant
- Figure 9 : le disque d'un compteur classique
- Figure 10 : la minuterie
- Figure 11 : vis a faible charge
- Figure 12 : aimant de freinage
- Figure 13: curseur
- Figure 14: Exemple de courant de Foucault sur un disque
- Figure 15: l'instrumentation de mesure d'un compteur
- Figure 16 : compteur à courant alternatif monophasé
- Figure 17: compteur à courant alternatif polyphasé
- Figure 18: schéma bloc d'un compteur électronique
- Figure 19: schéma bloc d'un compteur numérique tout numérique
- Figure 20: schéma d'alimentation double +/- 12V
- Figure 21: simulation sur de bloc d'alimentation double +/- 12V
- Figure 22: schéma d'alimentation simple + 5V
- Figure 23: simulation sur de bloc d'alimentation simple +5V
- Figure 24: un multiplieur
- Figure 25: circuit intégrateur
- Figure 26: schéma logique d'un compteur 4 bits
- Figure 27: simulation d'un compteur 16 bits
- Figure 28: exemple de réalisation d'un compteur
- Figure 29: shunt de courant
- Figure 30: mesure de fréquence
- Figure 31:schéma du conditionnement de la tension
- Figure 32 : compteur SL7000

Liste des abréviations

<i>ISO</i>	Organisation internationale de normalisation
<i>EDF</i>	Electricité de France
<i>LCD</i>	Écran à cristaux liquides
<i>DSP</i>	Digital Signal Processor
<i>CEI</i>	Communauté des États indépendants
<i>EEPROM</i>	Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory
<i>RAM</i>	Random Access Memory
<i>LED</i>	light-emitting diode

Introduction générale

Afin de compléter notre formation de connaissances théorique et d'approfondir notre expériences professionnelles, nous sommes amenés à effectuer un stage technique dans le milieu professionnel. Pour ce qui me concerne ceci a été au sein de l'entreprise CEAC (Construction Electrique Appareillage de Comptage), qui a pour intérêt de fabriquer le compteur d'énergie électrique

En ce sens l'opportunité nous a été donnée pour approcher l'environnement humain et industriel de cette entreprise : visiter ses services et ateliers, prendre connaissance de l'articulation de ses différents structures et contempler l'organisation de son personnel ce qui a été très enrichissant pour notre cheminement formatif.

Par ailleurs, l'élaboration de ce rapport a pour principale source nos différentes notes journalières collectées auprès des services et ateliers, ainsi que les informations issues de nombreux entretiens que j'ai pu avoir avec les responsables et les employés de la société.

Durant mon période de stage au sein la société CEAC de Fès, j'ai l'occasion de travailler avec les différent employés dans des différents postes ce que m'adonné l'idée de faire un remplacement du modèle de compteur qui se fabrique ou sein de CEAC (compteur électromécanique)par un compteur numérique.

En premier lieu on va mettre une petite représentation sur l'entreprise d'accueil

✚ [Le reste du document est organisé de la manière suivante :](#)

Le premier chapitre sera consacré en premier lieu à la définition d'un compteur classique et son principe de fonctionnement, ensuite on fera une étude générale sur le compteur numérique par exemple le fonctionnement, les avantages, les inconvénients et ses réglementations.

Le deuxième chapitre concerne une étude plus détaillée sur le compteur numérique, les divers blocs qui le composent, le principe de fonctionnement de chaque bloc et des simulations de quelques blocs fonctionnels.

D'après l'étude des deux types de comptage d'énergie électrique on met la lumière sur le comptage intelligent et qui avait dernièrement un grand important dans le domaine du comptage

Chapitre I : Présentation de l'entreprise d'accueil

1. Historique

Créée en 1979, CEAC (Construction Electrique Appareillages de comptage), a démarré sa production en 1982 par la fabrication des compteurs monophasés de type DE4 et triphasés de type GH sous licence Ganz (HONGRIE).

Suite au rachat de Ganz par Schlumberger Industries en 1990, CEAC a lancé la fabrication sous licence Schlumberger, du compteur monophasé de type H10 en 1996 puis celle du compteur de type C114 en 1998.

En 1999, CEAC a démarré la fabrication du compteur monophasé M2X S4, prévu dans un premier temps pour l'ONE.

En 2002 la division comptage de Schlumberger a été vendue sous le nom d'ACTARIS pour la partie mondiale hors USA. Sa partie aux USA a été vendue sous le nom d'ITRON. Ainsi en 2002, les compteurs fabriqués par CEAC ont été souslicence ACTARIS.

En fin 2008 ITRON a racheté ACTARIS et a décidé depuis 2010 de se commercialiser sous le nom unique d'ITRON, ainsi depuis cette date la fabrication de CEAC est devenue sous licence ITRON.

Fiche technique de société

- **Forme juridique** : Société Anonyme (SA).
- **Activité principale** : Fabrication de compteurs d'énergie électrique.
- **Date de création** : 1979.
- **Capital** : 11.000.000 DH.
- **Registre de commerce** : 15741 Fès.
- **Code fiscal** : 04500740.
- **Patente** : 14202270.
- **Effectif** : De 100 à 500 salariés.
- **Adresse** : Q.I, Sidi Brahim II rue 801, Fès-Maroc.
- **Tél** : 0535644020.
- **Fax** : 0535640619.
- **Email** : ceac@menara.ma.

2. Activités :

➤ Activités principales :

CEAC a pour activité principal la fabrication des compteurs d'énergie électrique active basse tension monophasée 2fils et triphasés 4fils [1].

✓ *Les compteurs fabriqués par le C.E.A.C*

1) *Compteurs d'énergie électrique monophasés de type M2X (voir figure1):*

Le compteur M2X classe 2 est le plus récent fabriqué et vendu par Schlumberger.

Avec un système d'horlogerie différent. Le compteur est conforme à la norme CEI521



Figure1 : Compteur monophasé M2X

2) Compteurs d'énergie électrique triphasés de type C114 (voir figure 2):

Le compteur d'énergie électrique triphasé de type C114 est composé de deux disques jumeaux et de trois blocs moteurs. Sa conception moderne lui assure une large gamme de mesure avec un courant maximal de 120 Ampère.

Le compteur C114 est conçu conformément à la norme CEI et à la norme marocaine.



Figure2 : compteur triphasé C114

➤ Activités secondaires :

Nous pouvons trouver des activités secondaires chez CEAC telles que :

- Maintenance des compteurs numériques Spectral
- Services dans l'environnement du compteur : ventes et maintenance des TSP (Terminaux de Saisie Portable), systèmes de télé relève, gestion de la clientèle.[1].

Organigramme (voir figure 1)

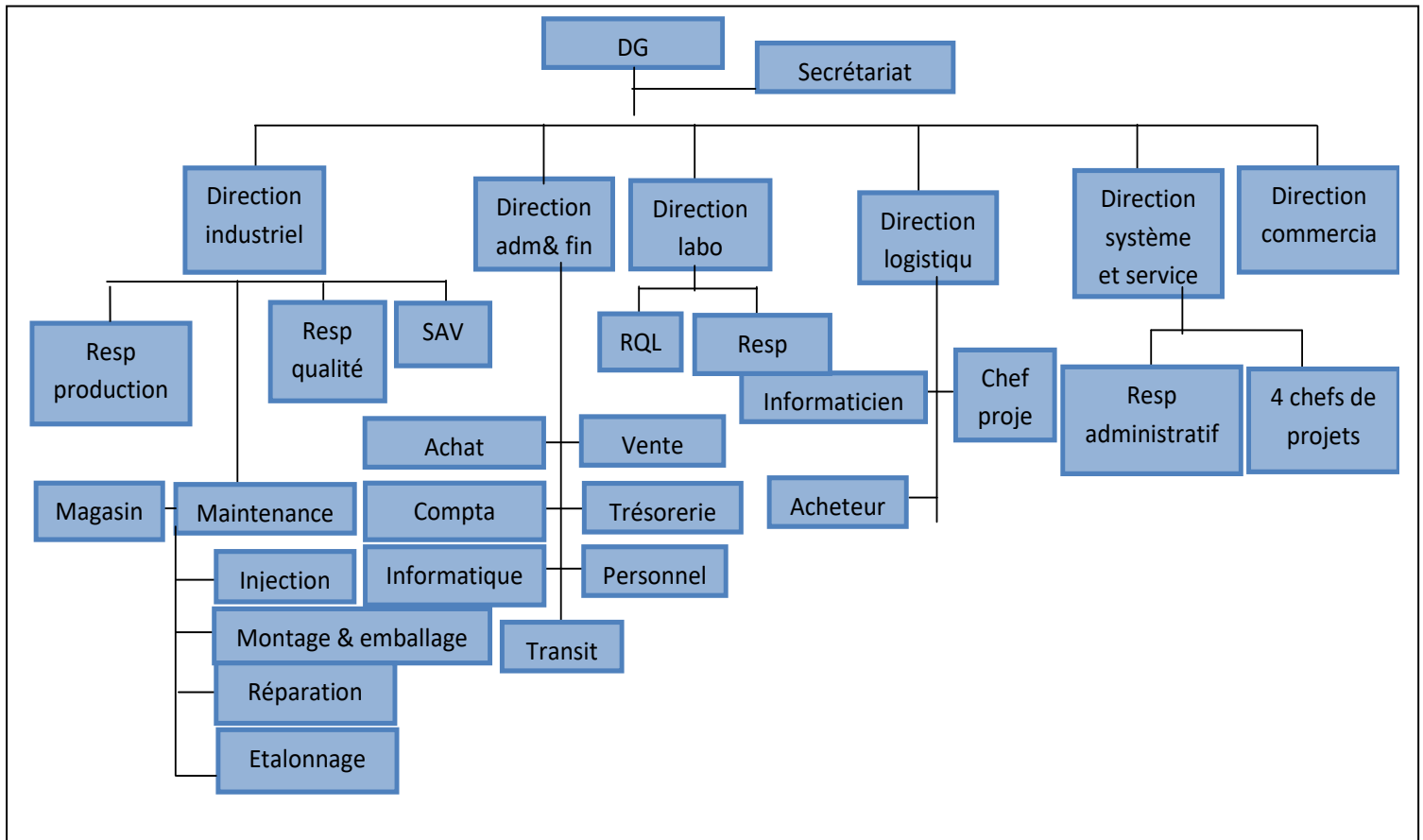


Figure 3 : organigramme d'entreprise d'accueil

Implantation géographique de C.E.A.C (voir figure 2)

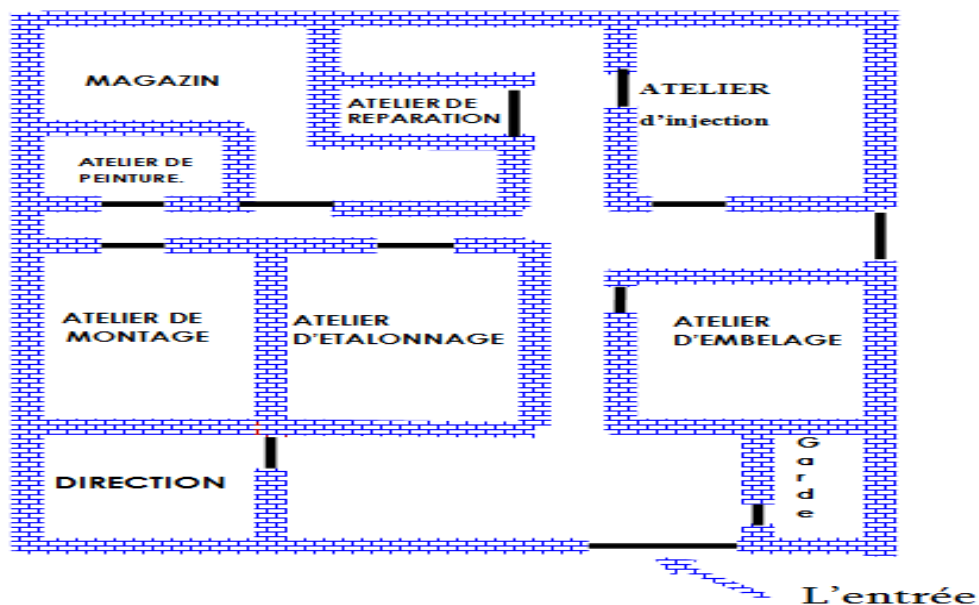


Figure 4 : implantation géographique de C.E.A.C

3. Structure des ateliers

➤ Atelier d'injection

- **la presse à injecter (voir figure 3)**

Dans l'atelier d'injection nous avons deux générations de machines qui font la même opération. Ces machines s'appellent les presses d'injection. Elles servent à fabriquer des pièces par la transformation de la matière Bakélite d'une carcasse très dure et résistante à la température .



Figure 5: la presse à injecter

Cet atelier contient plusieurs machines autres que les presses : utilisées pour le refroidissement du capot, pour l'échauffement d'huile à une valeur très précise et pour insérer des visses, donc elles possèdent trois installations :

- Installation pneumatique
- Installation hydraulique
- Installation électrique

➤ Atelier de montage

Il s'agit de l'atelier qui fait l'assemblage de la majorité des composantes des compteurs à savoir : *La base ; Le capot ; Le bloc moteur ; La visserie ; La minuterie ; Le disque ; Pivot supérieur ; Pivot inférieur ; L'aimant.*

➤ Atelier de la peinture

Dans cet atelier se fait l'impression, dans les plaques signalétiques des compteurs fabriqués par la C.E.A.C, des informations :

- Client (régie de distribution de l'électricité)
- La constante C (Wh/tour)
- Le numéro de série
- La marge de courant des deux types de compteurs M2X et C114

➤ Laboratoire d'étalonnage

Le compteur, après sa sortie de l'atelier de montage, n'est pas encore prêt à être utilisé. Il doit être étalonné afin d'assurer des valeurs de l'énergie affichées dans la minuterie, qui, correspondent à un tel nombre de tours bien précis et que le taux d'erreur soient conformes aux normes imposées par ISO 9001 et à la marge imposée par la régie .A titre d'exemples :le tableau n° 1 montre les marges d'erreurs adoptées par quelques régies au Maroc

La régie	Valeur de réglage	L'intervalle de l'erreur
REDAL	0%	[-2 ; +2]
LYDEC	0%	[-2 ; +2]
RADEEF	1%	[-1 ; +3]
RADEEL	3%	[+1 ; +5]
AMENDIS	0%	[-2 ; +2]

Tableau 1: marge d'erreur de quelque régie du Maroc

➤ Atelier de réparation

C'est là où on répare tous les compteurs défectueux et les compteurs qui viennent du laboratoire d'étalonnage et qui n'ont pas donné des résultats conformes aux normes et/ou aux exigences des clients.

Chaque compteur est accompagné d'une étiquette qui indique la nature du défaut. En lisant attentivement l'étiquette, on détermine la nature de défaut et on fait un contrôle général.

➤ Atelier d'emballage

Les compteurs étalonnés et ne présentant aucun défaut et aucune casse sont envoyés à cet atelier. Les tâches à effectuer dans cet atelier sont :

- Montage des capots
- Contrôle final de l'état du compteur
- Emballage des compteurs avec une étiquette portant le type de compteur et l'adresse du destinataire.

Dans cet atelier le travail est fait par une chaîne de 14 postes, pouvant emballer jusqu'à 800 compteurs par jour.

➤ Magasin

Dans cet atelier on reçoit les pièces nécessaires pour le montage des compteurs (bloc moteur, les vis, les disques, les minuteriers...), la bakélite et les cartons d'emballage et on les classe dans les étagères spécifiques.

Il y a toujours un échange permanent entre le magasin et les autres ateliers.

Chapitre II : le compteur classique et le numérique

1. Compteur classique

1.1 Définition

Ce sont les plus anciens compteurs. On les reconnaît à leur disque qui tourne proportionnellement à l'énergie consommée. Ils se fixent à l'aide de trois points d'attache. Leur intérêt réside dans leur

grande robustesse et leur facilité d'installation. Les compteurs que l'on trouve principalement sur le marché sont des compteurs rénovés. Il s'agit de la première génération de compteurs installés par EDF [2].

1.2 Structure d'un compteur classique type M2X

les compteurs d'énergie électrique monophasé et triphasés sont constitués d'un boîtier, d'un bloc moteur qui contient deux bobines l'un de la tension et l'autre de courant. Ce bloc est fixé dans un boîtier en Bakélite muni d'un bloc à bornes et de quelques accessoires de comptage.

➤ Une vue d'un compteur est montrée sur la figure 6.

Le boîtier se compose de la base, du cache bornes et du capot, tous fabriqués de Bakélite.

Le capot présente une partie transparente en polycarbonate donnant une vue sur la minuterie et la plaque signalétique du compteur. Le bloc à bornes est aussi fabriqué à base de Bakélite et présente des trous munis de site de fixation des câbles électriques en cuivre.

Le bloc à borne porte des orifices d'entrées et de sorties, deux vis sur chaque borne permettant la fixation des câbles et assurent un excellent contact.

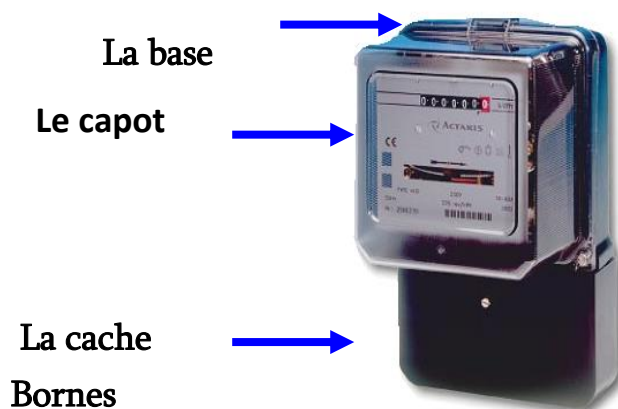


Figure 6 : compteur classique

➤ Les bobines

✓ La bobine de tension

Pour le compteur triphasé la bobine comporte 8250 spires, constituées par des fils de diamètre de 0.14 mm, mono tension, c'est-à-dire qu'on ne peut pas la brancher en permanence que sur une ligne de tension de 220 V.

Pour le compteur monophasé, cette bobine (voir figure 7) est bitension, car on peut la brancher en permanence, soit sous 110V, soit sous 220V, elle comporte 7000 spires constituées par des fils de diamètre de 0.6mm.

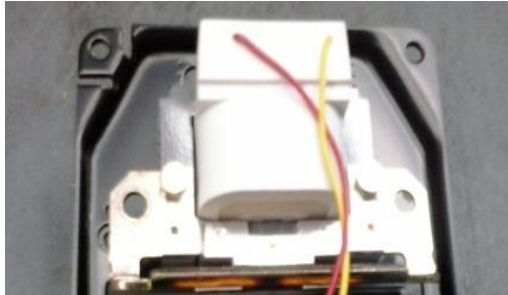


Figure 7: bobine de tension

✓ Bobine de courant

Les bobines de courant sont conçues en deux catégories, que ce soit pour le compteur monophasé ou pour le compteur triphasé.

Pour le compteur monophasé, ces bobines sont fabriquées suivant deux modèles différents :

- Des bobines pouvant supporter une intensité variante de 5 A à 20A. Elles comportent 6 spires constituées d'un fils conducteur de 2 mm de diamètre (voir figure 8).
- Des bobines pouvant supporter une intensité variante de 10A à 30 A. Elles ne comportent que 3 spires seulement, constituées d'un de 3 mm de diamètre.

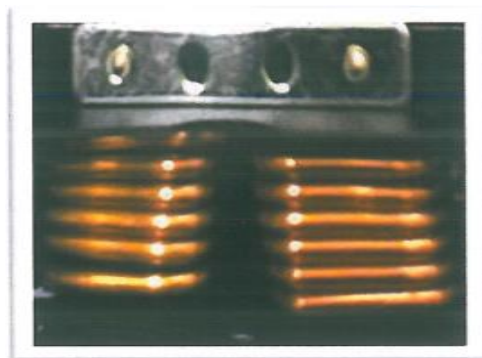


Figure 8 : bobine de courant

➤ Le disque (voir figure 9)

Les compteurs électriques se composent d'éléments tels que le disque et la minuterie qui détermine la puissance consommée.

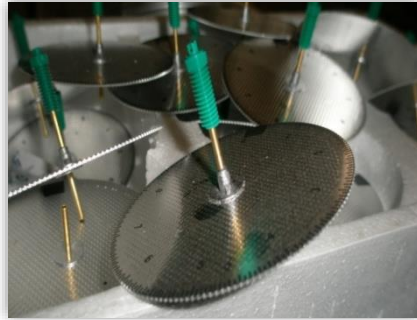


Figure 9 : le disque d'un compteur classique

➤ **La minuterie (voir figure 10)**

La minuterie constitue l'élément d'affichage des compteurs électriques, et la vitesse du disque est réglée de façon à ce que la minuterie affiche directement le nombre de KWh.



Figure 10 : la minuterie

➤ **La vis de faible charge (voir figure 11)**

La vis de faible charge permet de régler le fonctionnement du compteur pour une faible consommation d'énergie. C'est une vis sans fin située juste en dessous de la bobine de tension, et grâce à la position qu'elle occupe dans le système, elle permet d'agir de façon très sensible sur le flux émis par cette bobine et par conséquent, sur le mouvement du disque engendré par ce flux.



Figure 11 : vis a faible charge

➤ **L'aimant de freinage (voir figure 12)**

Pour pouvoir régler la vitesse du disque suivant les caractéristiques techniques exigées par les clients, un dispositif est établi de façon à agir sur la rotation du disque, il s'agit de deux aimants disposés face à face sur un support métallique entre lesquels passe le disque



Figure 12 : aimant de freinage

➤ **Curseur du réglage de déphasage (voir figure 13)**

Le déphasage du courant par rapport à la tension est un facteur très déterminant dans le domaine de l'électricité. En effet, avec un déphasage donnant un cosinus ($\cos(\varphi)$) proche de l'unité, on a plus de chance de minimiser les pertes énergétiques dans le réseau. Ainsi un dispositif est mis en place sur les compteurs électrique dans le but de régler cette caractéristique électrique.



Figure 13: curseur

1.3 Principe de fonctionnement (voir figure 15)

Dans les compteurs électromécaniques le comptage de l'énergie s'effectue en comptant le nombre de rotations d'un disque animé par des courants de Foucault.

➤ **Définition de courant de Foucault**

On appelle courants de Foucault les courants électriques créés dans une masse conductrice, soit par la variation au cours du temps d'un champ magnétique extérieur traversant ce milieu (le flux du champ à travers le milieu), soit par un déplacement de cette masse dans un champ magnétique constant. Ils sont une conséquence de l'induction électromagnétique [3].

Exemple (voir figure 14)

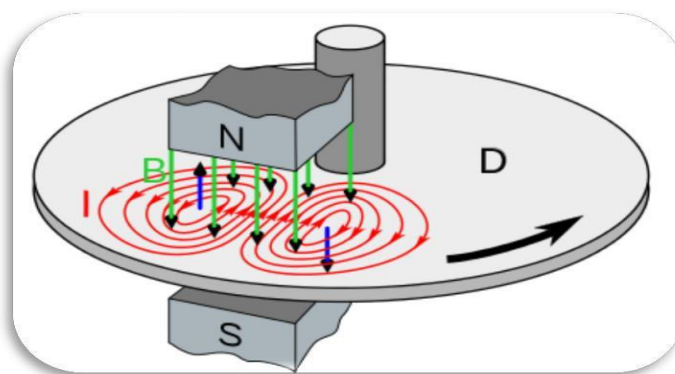


Figure 14: Exemple de courant de Foucault sur un disque

➤ **Instrument de mesure d'un compteur classique (voir figure 15)**

Les bobines A et B induisent des courants de Foucault dans le disque C. Ces derniers induisent à leur tour un flux magnétique induit. Il s'ensuit la création d'une force sur le conducteur (partie du disque parcourue par les courants de Foucault) et d'un couple sur le disque, qui entre en rotation.

Le couple de freinage est en rapport avec la vitesse de rotation du disque. Il est donné par un aimant permanent D engendrant le même type de réaction que décrit ci-dessus.

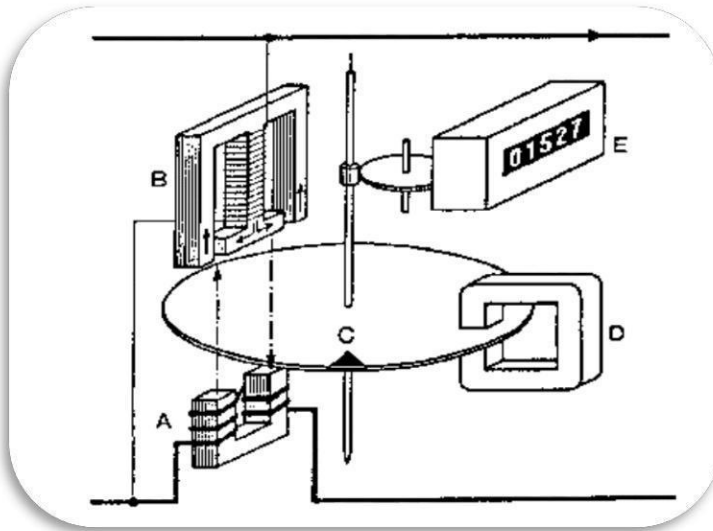


Figure 15: l'instrumentation de mesure d'un compteur

Remarque :

La puissance calculer par le compteur c'est la **puissance active** $P = U \times I \times \cos(\phi)$

➡ **Compteurs d'énergie réactive**

les compteurs d'énergie réactive fonctionnent tous selon le principe suivant : on déphase la tension par rapport au courant d'un angle de $\pi/2$ ramenant ainsi la mesure de l'énergie réactive à une mesure d'énergie active.

En effet, la mesure $Q = U I \sin \phi$ est remplacée par $Q = I U \cos (\phi + \pi/2)$, formules qui sont mathématiquement équivalentes.

1.4 Exemple de réalisations

Compteurs à courant alternatif monophasé (voir figure 16), la création du couple champs magnétique par la bobine de tension et de courant fait tourner le disque qui va afficher avec un système d'affichage mécanique (minuterie) l'énergie consommée

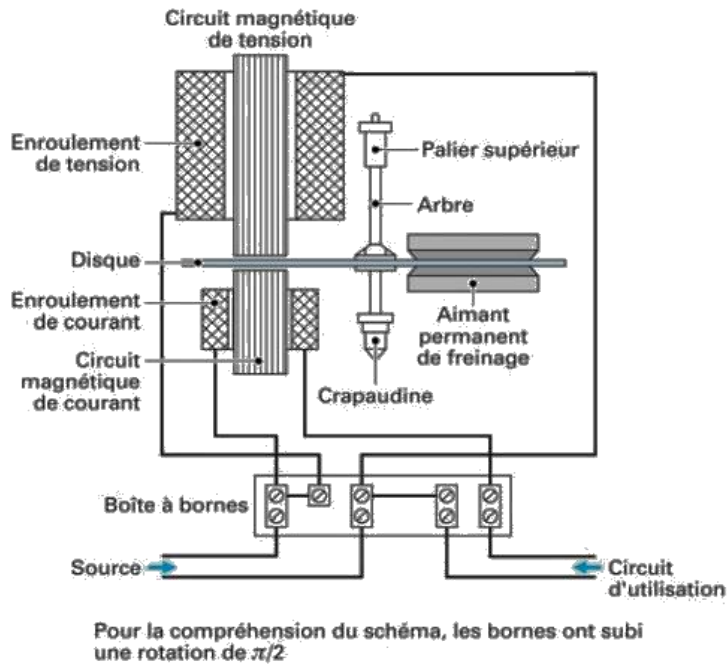


Figure 16 : compteur à courant alternatif monophasé

Compteurs à courants alternatifs polyphasés (voir figure 17) contiennent trois systèmes de comptage monophasé (A, B, C) pour calculer l'énergie consommée par chaque phase.

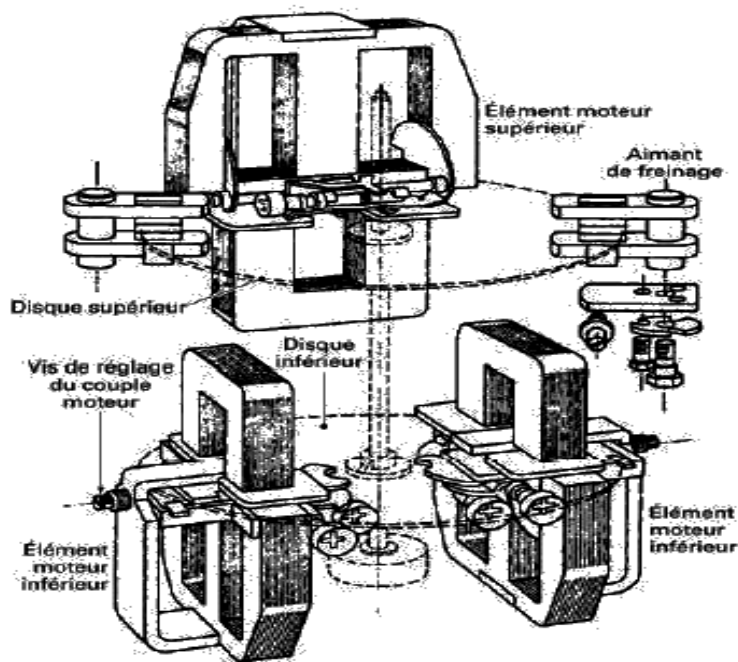


Figure 17: compteur à courant alternatif polyphasé

2. Compteur numérique

2.1) définition

Depuis de nombreuses années, les compteurs électromécaniques de haute précision sont employés pour mesurer les quantités d'énergie importantes. Mais grâce à l'emploi des toutes dernières techniques de mesure et de micro-ordinateurs, les compteurs numériques offre un vaste spectre de fonctionnalité pour le comptage; ils sont généralement des compteurs combinés d'énergie active et réactive Dans les deux sens, aussi paramétrables avec des logiciels faciles. La programmation et la lecture se font via Un port de communication optique (afficheur LCD) [4].

2.2) type de compteur numérique

Le compteur numérique c'est la deuxième génération de compteur d'énergie électrique et on le trouve sous deux types:

- Le compteur analogique sortie numérique
- Le compteur numérique tout numérique

2.2.1) compteur analogique sortie numérique

cet instrument effectue le produit de deux grandeurs d'entrée (les deux sous forme de tension et courant) à travers un multiplicateur analogique qui délivre un résultat proportionnel à la puissance du circuit. Ce multiplicateur peut être suivi d'un block de filtrage.

Le signal de sortie du multiplicateur est ainsi proportionnel à la puissance instantanée.

Pour calculer l'énergie électrique parcourant la ligne il faut alors effectuer l'intégrale de résultat durant le temps d'observation.[5]

➤ *Bloc de fonctionnalités (voir figure 18)*

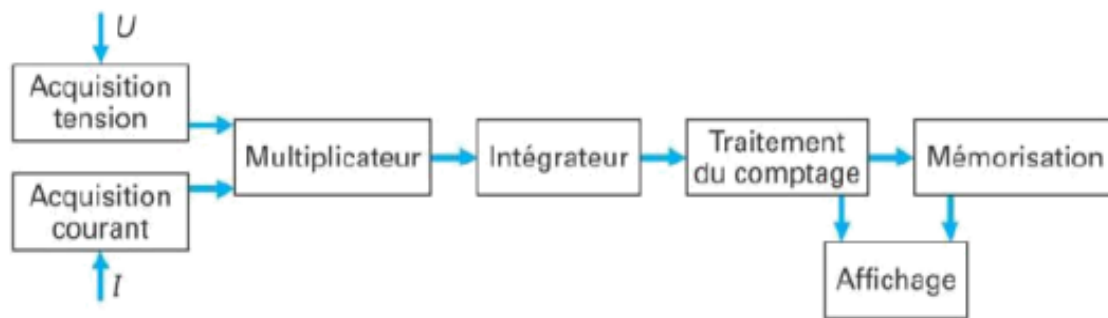


Figure 18: schéma bloc d'un compteur électronique

2.2.1) compteur numérique tout numérique

La compteur numérique tout numérique s'agit d'un solution plus avancée dans la mesure d'énergie par rapport ou compteur analogique sortie numérique numériques.

Parfois, ce genre de compteur est équipé de systèmes de DSP donnant ainsi les ressources matériels pour un traitement avancé du signal et pour une évaluation en temps réel de

paramètres complexes. Des équipements logiciel et matériel sont aussi rajoutés dans le but de rendre l'appareil totalement indépendant et performant des tâches diverses [5].

➤ *Bloc de fonctionnalités (voir figure 19)*

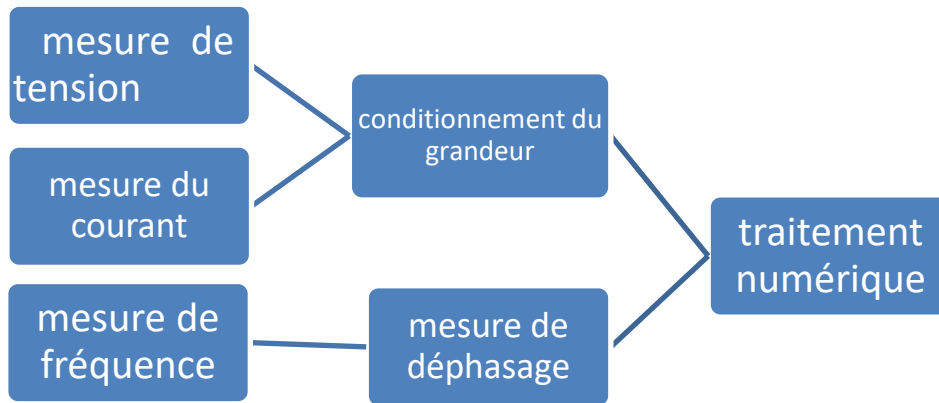


Figure 19: schéma bloc d'un compteur numérique tout numérique

2.3) les avantages est les inconvénients d'un compteur numérique

2.3.1) les avantages

La création du compteur numérique offre des avantages significatifs, tant aux distributeurs qu'au client final, en associant de la valeur ajoutée à chaque étape du processus de comptage

2.3.1.1) Avantages pour le distributeur

✓ Réduction des stocks

Grâce à son alimentation auto-adaptable et à sa très large dynamique de mesure, caractéristiques présentes dans la plupart des variantes de ce compteur, un même modèle de compteur couvre un grand nombre d'installations et de configurations différentes [6]

✓ Réduction des coûts de relevé

Les cycles de relevé sont optimisés grâce au stockage interne de l'ensemble des données de facturation. La puissance de communication permet des télé relevés économiques. La conformité aux plus récentes recommandations CEI en matière de communication garantit une intégration simple dans les systèmes standards de télé relevée[6].

✓ Réduction des pertes non-techniques :

De nombreux dispositifs de sécurité protègent le système des interventions humaines. La version IEC7 de compteur numérique permet de détecter l'utilisation d'aimants et en option, de détecter l'ouverture du couvercle-bornes[6].

✓ Adaptabilité :

Configuration des tarifs suivant les besoins du client, une large plage de la tension permet l'installation du compteur dans n'importe quelle fourchette de tension.

✓ **Minimiser les fraudes**

Chaque manipulation externe du système de compteur sera enregistré par les distributeurs aussi des tarifs auxiliaires seront appliquées sur toutes les fraudes possible.

✓ **Multi-Energie**

Mesure interne de l'énergie active, réactive et apparente dans toutes les directions et par phase.

✓ **Fiabilité :**

Pour stocker les données de facturations le compteur dispose d'une mémoire programmable à lecture seul électriquement effaçable (EEPROM) et d'une mémoire à accès aléatoire RAM.

Cette dernière dispose d'une alimentation secours à base d'une super capacité.

2.3.1.2) Avantages pour le client final

✓ **Contrôle des dépassements**

Le compteur numérique peut comparer la consommation à des seuils préprogrammés et activer des contacts de sorties quand les seuils sont dépassés [6].

✓ **Affichage**

- Facilite de lecture, affichage à cristaux liquides à 4 lignes (20 caractères).
- Choix de langue affichée (3 langues Europe)
- Affichage par LED de l'état de la plage de mesure et des messages d'alarme.

✓ **Suivi de la consommation**

Les compteurs délivrent des informations accessibles en temps réel via un port de communication dédié, permettant ainsi au consommateur d'agir sur sa consommation et de la suivre [6].

✓ **Suivi de la qualité**

Les paramètres de qualimétrie tension peuvent être programmés et les résultats enregistrés. Ces données peuvent être utilisées pour vérifier la qualité de la fourniture quand celle-ci est une donnée contractuelle [6].

2.3.2) les inconvénients

2.3.2.1) les inconvénients pour le distributeur

✓ **La durée de vie**

Les compteur numérique comme tout les systèmes numérique ont une durée de vie compris entre 10 et 15 ans ,par contre le compteur classique fonctionne plus de 60.

✓ **La sensibilité des composants interne**

les composants internes comme l'afficheur LCD et le microcontrôleur ... , sont très sensibles à la température. Ce qui augmente le risque de défaillance de ces composants.

2.3.2.2) les inconvénients pour le client final

✓ Le prix de compteur

Le compteur numérique contient des composants chers par rapport au compteur classique ce qu'implique que le cout d'un compteur numérique est plus cher par rapport au classique.

2.4) la réglementation d'installation d'un compteur numérique

- ✓ Les compteurs doivent être installés uniquement par du personnel qualifié.
- ✓ Assurez-vous que le câblage d'alimentation du compteur est isolé du secteur et que l'isolation ne peut pas être annulée par une autre personne.
- ✓ Après l'installation, assurez-vous que les couvercles du compteur sont correctement installés et scellés pour empêcher l'accès de l'utilisateur. [7]

Chapitre III: Fonctionnement d'un compteur numérique

1. Partie d'alimentation

Tout circuit électrique a besoin d'une alimentation pour pouvoir fonctionner. Dans notre cas deux alimentation distinctes sont nécessaire ; une alimentation double de $\pm 12V$., et une autre simple de $+5V$.

1.1) Bloc d'alimentation double $\pm 12V$ (voir figure 20)

Pour réaliser une alimentation double $\pm 12V$ on a pas besoin d'un transformateur de point pour optimiser le prix de reviens, pour cela on va utiliser un circuit électrique basé sur le principe de redressement composé d'un pont de Graetz liée avec un filtre capacitif et un diviseur de tension

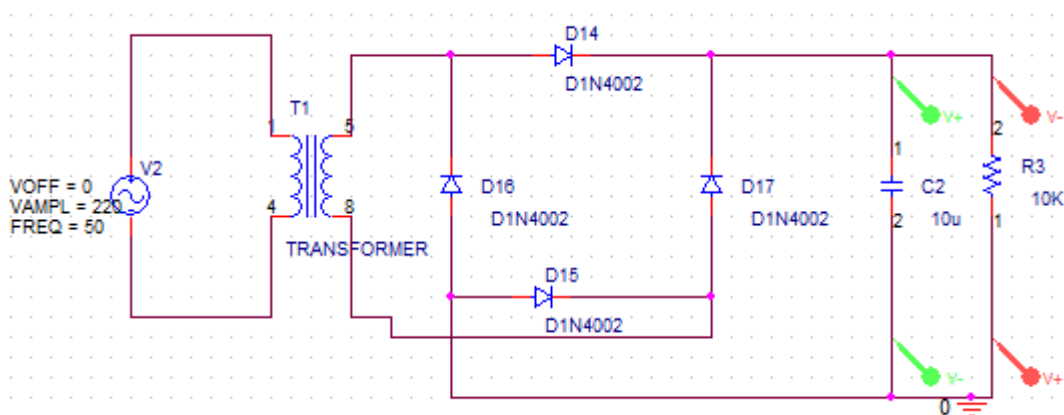


Figure 20: schéma d'alimentation double $\pm 12V$

- Simulation de schéma bloc d'alimentation double +/- 12V constitué sur la figure 20 (voir la figure 21)

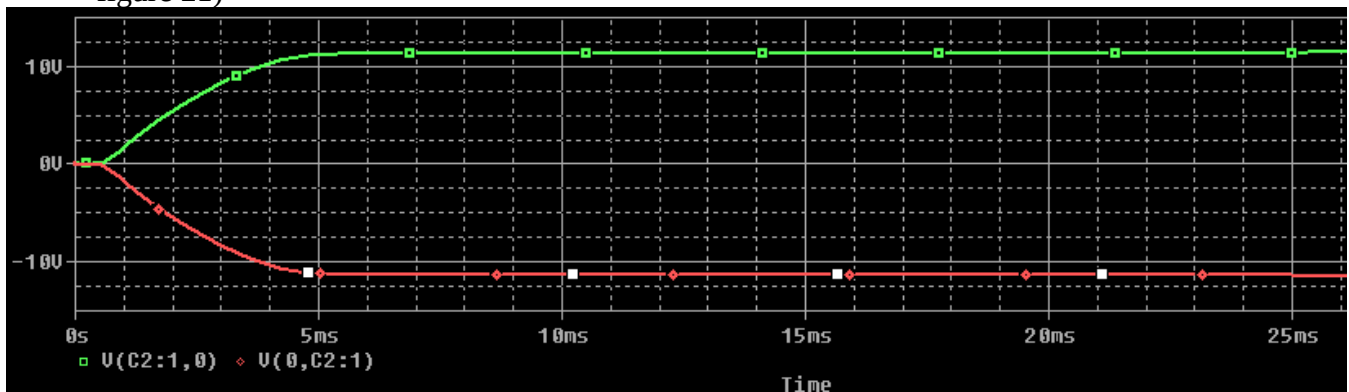


Figure 21: simulation sur de bloc d'alimentation double +/- 12V

Dimensionnement :

On a $U(t) = U_{max} \times \sin(\omega t) \Rightarrow U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$ avec $U_{max} = 220$
 $\Rightarrow U_{eff} = 155.56V$

- La tension après transformateur

Pour avoir $Ue'_{max}=13V$ à la sortie du transformateur on a besoin d'un rapport de transformation

$$T = \frac{13}{220} = 0.059 \cong 0.06$$

- La tension après le pont de redressement

$$1. \langle U_{re} \rangle = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} (Ue'(t) - 2 \times V_d) dt = \frac{2}{T}$$

$$2. \langle U_{re} \rangle = \frac{2}{T} \left[\int_0^{\frac{T}{2}} Ue'_{max} \times \sin(\omega t) dt - \int_0^{\frac{T}{2}} 2 \times V_d dt \right]$$

$$3. \langle U_{re} \rangle = \frac{2}{T} \left[-\frac{Ue'_{max}}{\omega} [\cos(\omega t)]_0^{\frac{T}{2}} - [2 \times V_d \times t]_0^{\frac{T}{2}} \right]$$

Avec $[\cos(\omega t)]_0^{\frac{T}{2}} = 0 \Rightarrow \langle U_r \rangle = \frac{2 \times Ue'_{max}}{\pi} - V_d$

ET $U_r = Ue'_{max} - 2V_d = 13 - 2 \times 0.6 = 11.8V$

- La tension après le bloc de filtrage

❖ Pour la décharge de condensateur on a

$$1) U_r + U_c = 0$$

$$2) U_r = Ri = R \frac{dq}{dt} = R \frac{d(C U_c)}{dt} = RC \frac{dU_c}{dt}$$

$$3) U_c + RC \frac{dU_c}{dt} = 0$$

La solution de l'équation différentielle est :

$$\rightarrow U_c = U_{re} \times e^{-\frac{t}{\tau}}$$

τ La constant de temps de bloc du filtrage RC avec : $\tau = R \times C$

✓ Le choix de R et C

❖ Pour une tension alternative de La fréquence

$$\rightarrow f=50 \text{ Hz} \quad T=\frac{1}{f}=\frac{1}{50}=0.02 \text{ s}$$

❖ Pour avoir un bon redressement il faut que

$$\tau \ll 2T$$

Par exemple : $R=10K\Omega$ et $C=10\mu F$

$$\rightarrow \tau = R \times C = 10 \times 10^{-6} \times 10^4 = 0.001 \text{ s}$$

1.2) Bloc d'alimentation simple +5V (voir figure 22)

Pour une alimentation simple +5V on utilise la même principe d'alimentation on modifié juste les valeur des résistances pour le diviseur de tension ou bien on ajoute un autre diviseur après le bloc d'alimentation +12V

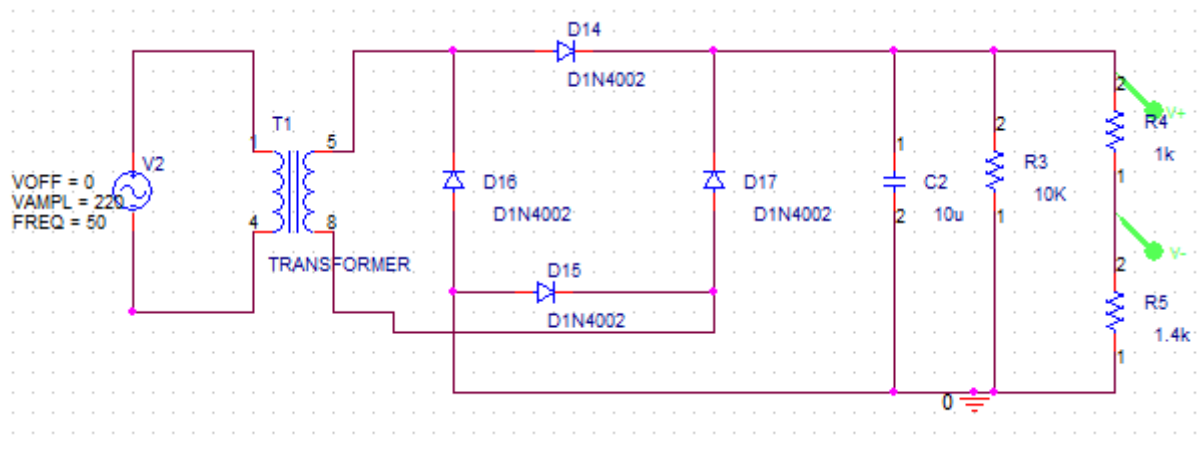


Figure 22: schéma d'alimentation simple + 5V

- Simulation de schéma bloc d'alimentation simple +5V constitué sur la figure 22 (Voir la figure 23)

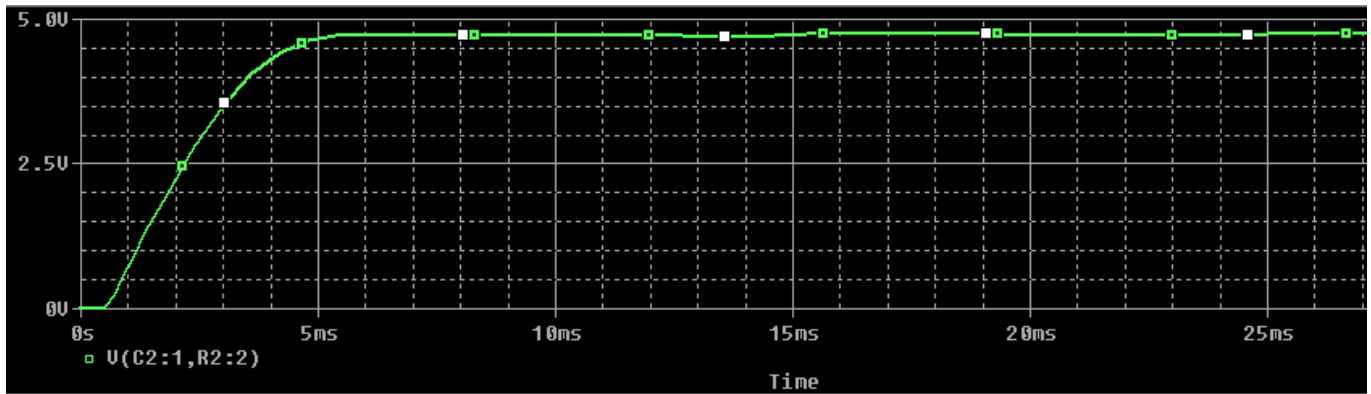


Figure 23: simulation sur de bloc d'alimentation simple +5V

2. Elément principal d'un compteur numérique

Comme le compteur classique le compteur numérique plusieurs étages des composant nécessaires pour la fonctionnement et qui change avec le type de compteur(analogique sortie numérique, numérique tout numérique).

2.1 Compteur analogique sortie numérique

D'après le schéma de bloc fonctionnel montré sur la figure 18, le compteur contient les éléments suivants :

2.1.1 Acquisitions des grandeurs

Il s'agit dans tous les cas de l'acquisition des valeurs instantanées de la tension appliquée à la charge et de l'intensité du courant traversant celle-ci. Or, il est clair que l'on peut difficilement appliquer des tensions de plusieurs dizaines ou centaines de volts à des circuits électroniques à semi-conducteurs et faire traverser ces derniers par des courants de plusieurs dizaines d'ampères. On aura donc toujours à l'entrée des circuits de mesure des compteurs électroniques des circuits réducteurs de tension et d'intensité. Pour la tension, ce réducteur peut consister en un transformateur de potentiel mais il s'agit le plus souvent, quand les conditions d'isolement le permettent, d'un simple diviseur résistif ou même parfois capacitif, beaucoup moins encombrant et beaucoup plus économique. Pour l'intensité, ce réducteur un shunt technique parfaitement maîtrisée aujourd'hui et de loin, la plus économique[8].

2.1.2 Multiplication tension courant (voir la figure 24)

Comme nous l'avons déjà évoqué, les valeurs instantanées u et i de la tension et du courant ayant été préalablement abaissées, si nécessaire, aux bas niveaux compatibles avec les circuits électroniques, la multiplication de la tension par le courant pour donner la puissance instantanée peut être réalisée avec le circuit suivant[8].

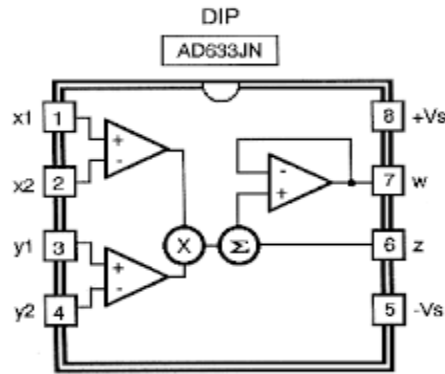


Figure 24: un multiplieur

On applique sur la première entrée X1 une tension V_x et sur Y1 la tension proportionnelle ou courant V_y qu'on obtient avec la shunt de courant et on relie les bornes X2, Y2, Z avec la masse, aux sorties Y on obtient le produit donné ou sortie

$$W = \frac{(X1 - X2)(Y1 - Y2)}{10} - Z$$

Dans le cas présent on obtient

$$W = \frac{X1 \times Y1}{10}$$

2.1.3 Circuit intégrateur (voir figure 25)

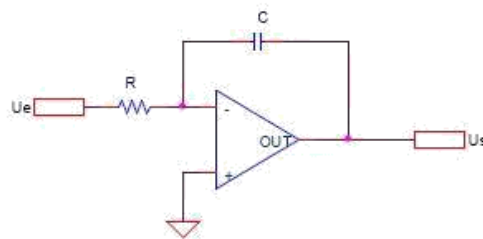


Figure 25: circuit intégrateur

L'entrée et reliée à la sortie négative $\rightarrow$ réaction $\rightarrow R, L \rightarrow \varepsilon = 0$

1. $V^+ = V^- = 0$ ET $V_c = V^- - U_s = 0 - U_s$
2. $V_c = -U_s$
3. $V_c(t) = \frac{q}{C} = \frac{1}{C} \int I dt$
4. $U_e - 0 = RI$ $I = \frac{U_e}{R}$
5. $V_c(t) = -\frac{1}{RC} \int U_e dt$ DONC $U_s(t) = -\frac{1}{RC} \int U_e dt$

➤ Le principe de calcul l'énergie électrique

$$u(t) = U \sin(\omega t)$$

$$i(t) = I \sin(\omega t - \varphi)$$

$$1. E = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} u(t) \times i(t) dt = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} U \sin(\omega t) \times I \sin(\omega t - \varphi) dt$$

$$2. E = UI \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \sin(\omega t) \cos(\omega t) \sin(\varphi) - \sin^2(\omega t) \cos(\varphi) dt$$

$$3. \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \sin(\omega t) \cos(\omega t) \sin(\varphi) dt = \left[\frac{\sin(\omega t)^2}{2\omega} \right]_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} = \frac{1}{2\omega} [\sin(\pi) - \sin(-\pi)] = 0$$

$$4. \quad E = -UI \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \sin(\omega t)^2 \cos(\varphi) dt = -UI \cos(\varphi) \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \frac{1 - \cos(2\omega t)}{2} dt$$

$$5. \quad E = -UI \cos(\varphi) \left[\left[\frac{1}{2} t \right]_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} + \left[\frac{\sin(2\omega t)}{4\omega} \right]_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \right] \quad \text{AVEC} \quad \left[\frac{\sin(2\omega t)}{4\omega} \right]_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} = 0$$

$$\Rightarrow E = -UI \cos(\varphi) \times 1/2$$

E présent l'énergie active consommé

2.1.4 Logique de comptage (voir figure 26)

Le compteur synchrone est le type de compteur le plus populaire. Il se compose généralement d'un élément de mémoire, qui est implémenté à l'aide de bascules et d'un élément combinatoire, qui est traditionnellement implémenté à l'aide de portes logiques[8].

Le compteur synchrone proposé est un compteur 4 bits à 3 portes ET, 4 portes XOR et 4 bascules Master-Slave D. La même impulsion d'horloge est donnée à chaque flip-flop. Donc, à chaque impulsion d'horloge, le compteur compte un pas en avant.

Aussi on a 2 entrées supplémentaires dans le compteur, validation de comptage (CE) et de mise à zéro (effacement) (clr).

1. Entrée validation de comptage Count Enable (CE) :

- CE = 0, le compteur arrête de compter.
- CE = 1, chaque impulsion d'horloge entraîne une action de comptage.

2. Effacer (clr) entrée :

Si clr = 1, puis la sortie du compteur S'élève à 0000.

Si clr = 0, chaque impulsion d'horloge entraîne une action de dénombrement

AVEC

1. $Q0 = CE \overline{Q0} + Q0 \overline{CE}$
2. $Q1 = CE Q0 \overline{Q1} + \overline{CE} Q0 Q1$
3. $Q2 = CE Q0 Q1 \overline{Q2} + \overline{CE} Q0 Q1 Q2$
4. $Q3 = CE Q0 Q1 Q2 \overline{Q3} + \overline{CE} Q0 Q1 Q2 Q3$

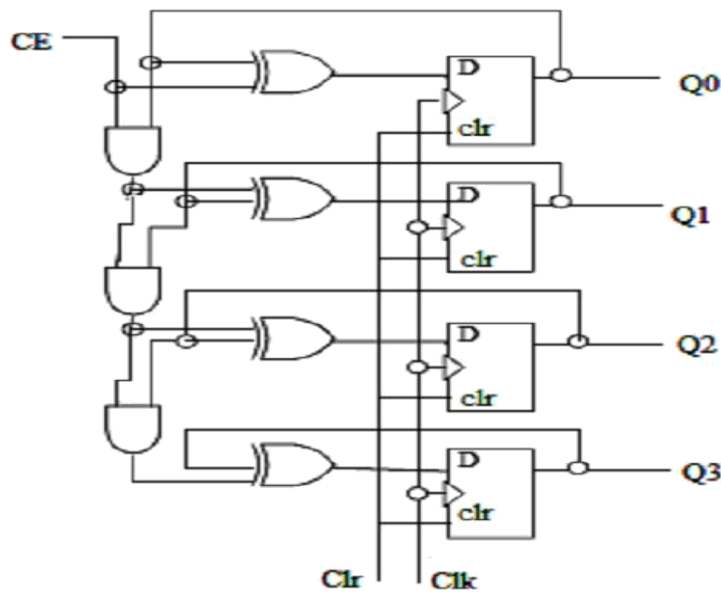


Figure 26: schéma logique d'un compteur 4 bits

La simulation de comptage sur ISIS (voir figure 27)

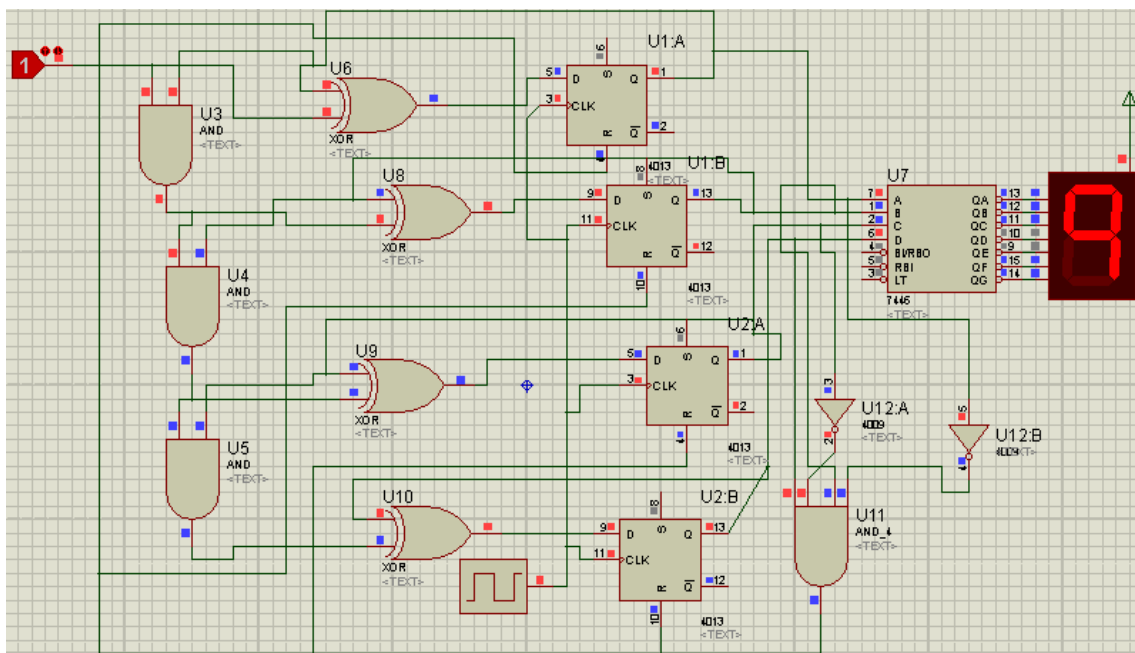


Figure 27: simulation d'un compteur 16 bits

2.1.5 Exemples de réalisation (voir figure 28)

Le figure suivante présente les principe bloc d'un compteur analogique sortie numérique

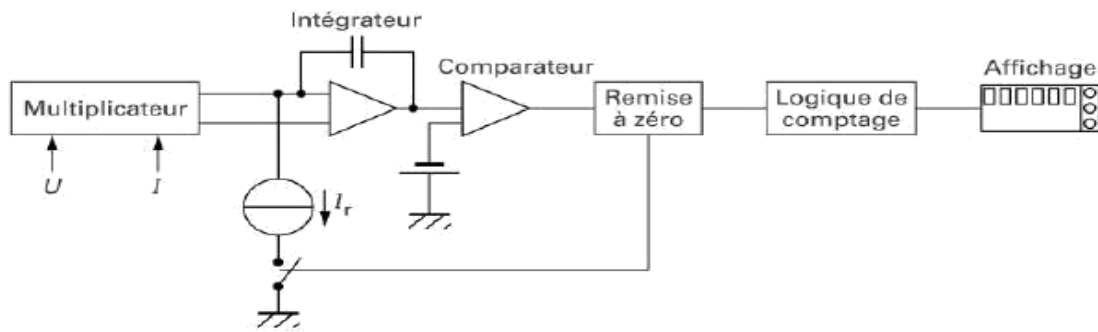


Figure 28: exemple de réalisation d'un compteur

2.2 Compteur numérique tout numérique

Dans cette partie on va traiter les éléments de bloc fonctionnel (voir figure 19) avec détail.

2.2.1 Partie de mesure

➤ Mesure de tension

Parmi les différentes techniques de mesure de tension existantes, il faut choisir celle qui soit compatible avec un système à microprocesseur. La plus simple à réaliser est l'utilisation d'un transformateur abaisseur de tension, avec un block de conditionnement adéquat [9].

➤ Mesure du courant (voir figure 29)

Pour la mesure du courant il faudra choisir celle qui influe le moins possible sur la qualité de la tension d'alimentation tout en gardant à l'œil l'encombrement et le prix de revient du dispositif de mesure. Pour cela, l'utilisation d'un transformateur n'est pas nécessaire car une consommation domestique moyenne ne dépasse pas les 30 Ampères. L'utilisation donc d'un simple shunt de courant nous permettra de mesurer ce dernier. La tension mesurée aux bornes du shunt est proportionnelle au courant qui le traverse. Alors il suffit de mesurer cette dernière pour avoir la valeur du courant [9].

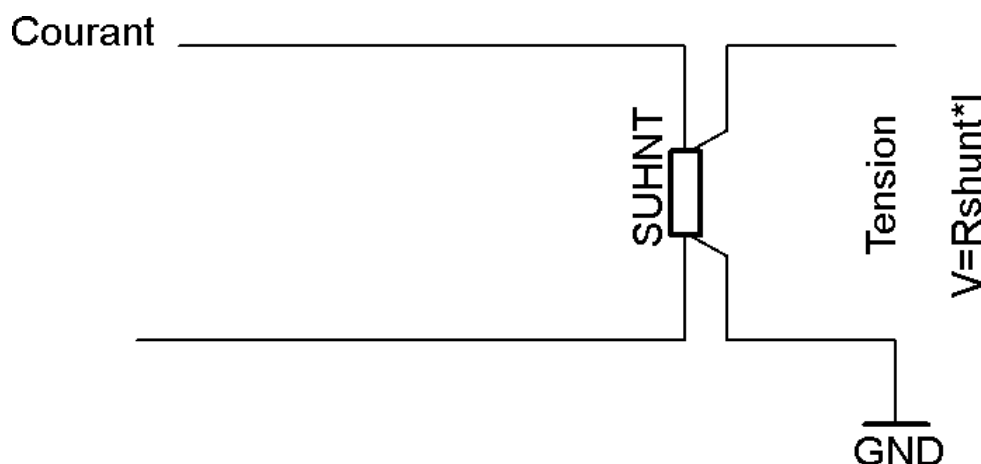


Figure 29: shunt de courant

➤ **Mesure De fréquence (voir figure 30)**

Pour la mesure de la fréquence on peut utiliser le bloc qui est utilisé dans la mesure de la tension, à ce dernier on rajoute un détecteur de passage par zéro reposant sur un montage à base d'un amplificateur opérationnel. Il suffit alors de compter le temps qui s'écoule entre chaque deux passage par zéro, on obtient ainsi la période. Il faudra inverser résultat pour obtenir la fréquence[9].

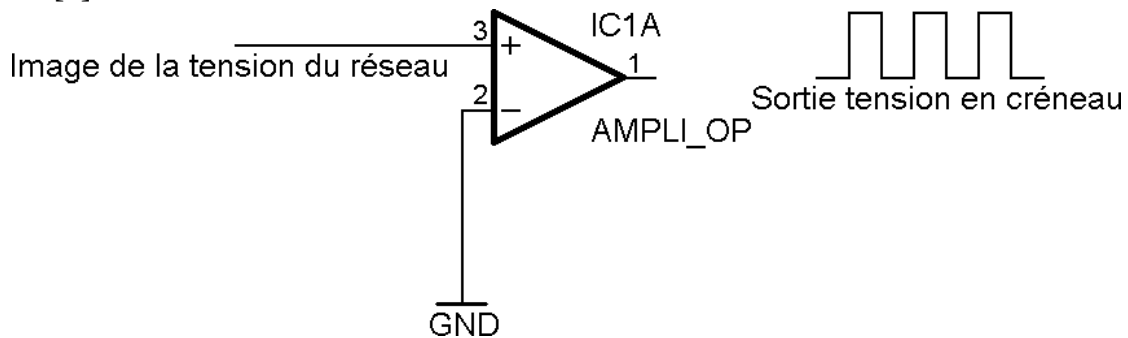


Figure 30: mesure de fréquence

➤ **Mesure De déphasage**

Le même principe de mesure de la fréquence est utilisé pour la mesure de déphasage. Les seules variantes seront, au lieu d'utiliser un seul signal on aura alors deux signaux :

l'image de la tension et l'image du courant. On génère un signal rectangulaire qui commence à chaque passage croissant de la tension par zéro, et la même chose pour le courant. Le temps qui s'écoule entre le passage de la tension puis celui du courant par zéro est le déphasage temporel entre les deux[9].

2.2.2 Partie conditionnement

Pour cette partie nous nous sommes basés sur des schémas essentiellement à base d'amplificateurs opérationnels.

➤ **Conditionnement de la tension (voir la figure 31)**

Pour le conditionnement de la tension, le schéma est très simple, il est basé sur un montage inverseur atténuateur.

Le montage inverseur est suivi d'un redressement mono-alternance et d'un filtrage, pour avoir une valeur continue de la tension qui est étalonnée pour traduire correctement la tension réelle du réseau électrique.

La résistance rajoutée en parallèle de la capacité de filtrage a comme but d'améliorer les caractéristiques dynamiques du montage (décharger la capacité en cas de chute de tension) et cela pour avoir une mesure correcte[9].

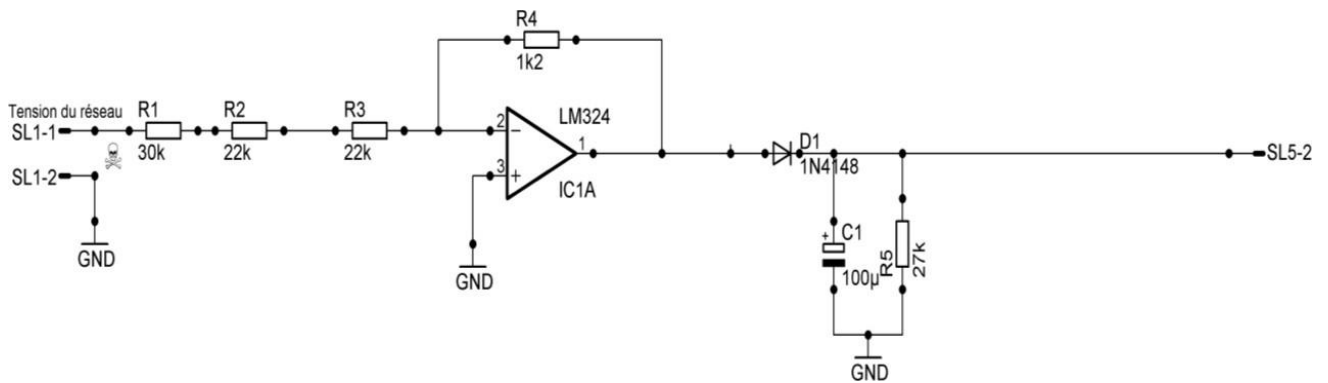


Figure 31:schéma du conditionnement de la tension

➤ Conditionnement du courant

Le même principe de conditionnement de la tension est utilisé pour le courant

2.2.3 Partie traitement numérique

les grandeurs ainsi obtenues et conditionnées passent en suite au traitement numérique et cela grâce au microcontrôleur et à ses périphériques.

Pour les périphérique nous insinuons la mémoire EEPROM externe,le clavier,et l'afficheur LCD [9].

2.2.4 Le compteur numérique SL7000 (voir le figure 30)

Compteur numérique tout numérique SL7000, qui est fabriqué par ITRON en France et le C.E .A.C va le vende vers les clients au Maroc.



Figure 32: compteur SL7000

Remarque

Le compteur numérique est une technique plus avancée dans le domaine du comptage électrique , mais dernièrement avec la modernité dans le domaine de l'électronique et des réseaux, on a une création des nouvelles définitions dans le principe de comptage électrique comme le signal "Heures Creuses" . Il permet ainsi aux abonnés à l'option Heures Pleines/heures Creuses, ce qui impose l'utilisation d'un nouveau compteur s'agit de du compteur communicant (intelligent) qui va être introduit dans la partie suivante.

2.3. Le compteur communicant

2.3.1 Définition

Le compteur numérique est une technique plus avancée dans le domaine du comptage électrique, mais dernièrement avec la modernité dans le domaine de l'électronique et des réseaux, on a une création des nouvelles définitions dans le principe de comptage électrique comme le signal "Heures Creuses" qui permet Il permet ainsi aux abonnés à l'option Heures Pleines/heures Creuses, ce qui impose l'utilisation d'un nouveau compteur s'agit de du compteur communicant (intelligent) qui va être introduit dans la partie suivante.

2.3.2 L'intérêt d'un compteur communicant

Comme on a vu le compteur communicant a pour l'intérêt de fournir les informations de consommations des client a chaque instant vers un réseaux local de télécommunication pour un meilleur suivi de consommation pour les distributeurs et les clients .

2.3.3 Les avantages

Le compteur plusieurs avantages pour les distributeurs et les clients :

- ✓ Le meilleur suivre de consommations

Le compteur communicant ayant la caractéristique de la connectivité avec un réseaux de télécommunication (GSM, wifi..), qui permettre de mieux connaître les postes de consommation électrique et donc de faire des économies. Le suivi en temps réel ouvre aussi la porte à la facturation de l'énergie en temps réel, mais aussi à la facturation différenciée en fonction de la demande en électricité (pics de consommation)[10].

- ✓ Eliminer le relevé manuel de consommations

Le compteur communicant transfère la consommations de client avec des courbes bien précises vers des bases de données qui vont calculer la consommation automatiquement ce qui minimise le passages des Employées chaque mois pour la relève manuelle des consommations.

- ✓ Le principe des Heures Pleines/Heures Creuses

Pour les Heurs pleins le tarif de consommations change par rapport aux Heurs Creuses. Avec le compteur communicant on va pouvoir programmer la consommation de son énergie d'une manière simple.

- ✓ L'addition des plusieurs grandeurs

Le compteur communicant a la possibilité de mesurer plusieurs grandeurs physiques (gaz, eau...) avec la mesure des différents type d'énergie électrique

Comme le compteur communiquant Linky qui est installé par Enedis en France et qui rassemble deux grandeurs s'agit du gaz et de l'énergie électrique

2.3.4 Les inconvénient

- ✓ Le prix de compteur communicant

Comme le compteur numérique le compteur communicant a une structure numérique pour son fonctionnement, il a aussi un bloc auxiliaire pour la connectivité avec un réseaux de télécommunication ce qui influence sur son prix.

✓ L'importance d'un réseau intelligent

Pour que le client ait une bonne connectivité, c'est-à-dire une bonne précision de consommation à chaque instant, on a besoin de connecter le compteur communicant par réseaux de distribution plus moderne.

Conclusion Générale

Deux mois de stage étaient, certes très peu suffisants pour contourner tous l'environnement de l'usine CEAC .Mais les conditions favorables et l'aide consistante de l'ensemble du personnel, nous ont permis d'approcher l'essentiel des structures et leur mode de fonctionnement, dont la description est récapitulée dans le présent rapport .

En plus de la présentation des services, des unités de production et des différentes gammes d'appareillage électrique produites, mon intérêt s'est porté sur comment améliorer le système de comptage électrique au Maroc ? Cette amélioration obtenue par le remplacement du compteur classique par un système de comptage numérique. Ce remplacement ramène avec lui de nombreux avantages qui seront utiles pour le futur, en particulier la maîtrise des consommations électriques.

Pour atteindre le but d'améliorer le système de comptage on a besoin d'étudier tout d'abord les caractéristiques d'un compteur classique ensuite on s'intéresse au compteur numérique ces types, principe de fonctionnement, avantages et les inconvénients.

Cette étude m'a permis de compléter ma formation théorique, de s'adapter avec le milieu professionnel tel que : l'esprit équipe, la collaboration entre les différents cadres,

Ces dernières années plusieurs pays sont en train de moderniser les compteurs électriques, en particulier les pays européens, où certains pays se tournent vers les compteurs intelligents, ce dernier ayant d'autres avantages en particulier sa connectivité et le suivi en temps réel des consommations.

Bibliographie et Webgraphie :

- [1]. Mémoire Online: Amélioration du plan de la maintenance à l'aide de l'étude AMDEC sur la machine DEMAG D-150 ». Cours et formations, 6 septembre 2015.
- [2]. https://wikivisually.com/lang-fr/wiki/Compteur_%C3%A9lectrique
- [3]. https://fr.wikipedia.org/wiki/Courants_de_Foucault
- [4]. <http://www.saloninnovationsinc.com/k4v2El14/>
- [5]. Alan S. Morri, "Measurement and Instrumentation Principles", 3ème édition, Edition Butterworth-Heinemann, 2001.
- [6]. « ACE_SL7000-EL-0019.1-FR-06.15.pdf ». Consulté le 27 mai 2018.
- [7]. « SL7000 RT Installation Guide », s. d., 40.
- [8]. « Projet-CEAC.pdf ». Consulté le 27 mai 2018.
- [9]. « Conception et réalisation d'un compteur d'énergie électrique consultable à distance et accès local par carte à puce..pdf ». Consulté le 27 mai 2018
- [10]. <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-compteur-intelligent-6952/>.