



N rad d'ordre:  
N rad de série:



**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la**  
**Recherche Scientifique**

**Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued**

**Faculté de Sciences et de La Technologies Filière: Genie Electrique**

**Mémoire de fin d'étude**

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER ACADEMIQUE**

**En: Télécommunication**

**Spécialité: Systèmes de télécommunication**

**Par: Mesbahi Ahmed, Lejdel Ali Yacine, Zebdi Messaud Laid**

**Mémoire**

**Etude et simulation une phasemètre**

**Devant le jury composé de:**

**Mr. Tedjani Amina**

**Président**

**Mr. Touhami Ridha**

**Examinateur**

**Mr. Hettiri Massaoud**

**Encadreur**

**Ms. Sadoun Ali**

**Assistant**

**2020-2021**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

١٤٣٨



## *Dédicace*

*Nous faisons maintenant nos derniers pas dans  
la vie universitaire*

*Avant de continuer, nous consacrons cet humble  
travail à:*

*Nos parents et nos chères mères*

*Nos familles*

*À nos camarades et à tous ceux qui nous ont aidés  
À ceux qui nous ont ouvert la voie pour apprendre,  
à tous nos éminents professeurs.*

*Merci beaucoup...*



## *Remerciements*

*Nous remercions Dieu tout puissant Pour  
nous accorder la volonté et le courage  
réaliser ce mémoire.*

*Nous tenons à exprimer mon encadreur*

***Dr. Hettiri Massaoud***

*Et co-encadré*

***Dr. Sadoun Ali***

*Patience et précieux conseils.*

*Nos remerciements à nos parents pour leur  
soutien.*

*Nous tenons aussi à remercier tous mes amis  
qui m'ont aidé de loin ou de près dans la  
réalisation de ce travail*



# *Sommaire*

# Sommaire

Contents	page
Dédicace	
Remerciements	
Sommaire	<b>ii</b>
Liste de figure	<b>iii</b>
Liste de Tableau	<b>iv</b>
Listes des symboles et abréviations	<b>v</b>
Introduction générale	<b>01</b>
<b>Chapitre I : notions de base sur un phasemètre</b>	
I.1. Introduction:	<b>04</b>
I.2. Phase et différence de phase	<b>04</b>
I.3. Définition	<b>06</b>
I.4 Types des phasemètres	<b>06</b>
I.4.1. Critiques des différents types des phasemètres	<b>07</b>
I.5. Méthodes de mesure du déphasage	<b>09</b>
I.5.1. Méthode directe	<b>09</b>
I.5.2. Méthode indirecte	<b>09</b>
I.6. Exemple d'un phasemètre numérique précis et polyvalent	<b>09</b>
I.7. Inconvenient et solution	<b>11</b>
I.8. Conclusion	<b>12</b>
<b>Chapitre II : Méthodes Et Les Type Des phasemètres</b>	
II.1. Introduction:	<b>14</b>
II.2. Méthodes basées sur l'utilisation d'un oscilloscope	<b>14</b>
II.2.1. Méthode utilisant un oscilloscope à double trace	<b>14</b>
II.2.2. Méthode de l'ellipse de Lissajous	<b>15</b>
II.3. Par phasemètre	<b>16</b>
II.3.1. Principe	<b>16</b>
II.3.2. Les type de phasemètre	<b>16</b>
II.3.2.1. Principe d'un phasemètre analogique	<b>16</b>
II.3.2.2. Phasemètre numérique	<b>17</b>
II.3.3. Phasemètre à bascule RS	<b>20</b>
II.3.4. Phasemètre à Ou-exclusif	<b>21</b>
II.3.5. Phasemètre à bascule ou « flip flop »	<b>21</b>
II.4. Conclusion :	<b>22</b>
<b>Chapitre III: Résultats Et Interprétations</b>	
III.1. Introduction:	<b>24</b>
III.2. Logiciel utilisée	<b>24</b>
III.3. Les différents blocs	<b>24</b>
III.3.1 Carte d'alimentation	<b>25</b>

III.3.1.1. Circuit électrique de l'ensemble	26
III.3.1.2. La liste des composants	27
III.4. Circuit imprimé de carte principale sur ARES	30
III.5. Conclusion	31
Conclusion générale	33
Bibliographie	35
Annexes	38

### Liste de figure

Figure	Page
<b>Chapitre I : notions de base sur un phasemètre</b>	
Figure I.1 : Deux ondes de même longueur d'onde présentent un déphasage.	05
Figure I. 2 : Si l'onde noire est prise comme référence, l'onde bleue est en phase et l'onde rouge est en opposition de phase.	05
Figure I. 3 : phasemètre analogique	07
Figure I. 4 : Phasemètre numérique	07
Figure I. 5 : Exemple d'un phasemètre (PH2-N)	09
<b>Chapitre II : Méthodes Et Les Type Des phasemètres</b>	
Figure II. 1 : Schéma du montage de mesure de déphasage	14
Figure II .2 : Mesure directe d'un déphasage entre deux signaux	15
Figure II. 3: de l'ellipse de Lissajous	15
Figure II. 4:Schéma montrant l'utilisation d'un multiplicateur analogique	17
Figure II.5 : la mesure de déphasage entre deux signaux.	18
Figure II. 6 : schéma synoptique d'un phasemètre numérique.	18
Figure II. 7: montrant le déphasage	20
Figure II. 8: montrant le signe par RS	21
Figure II. 9: montrant Phasemètre a ou exclusif	21
Figure II. 10: Le circuit est composé principalement d'une Phasemètre à flip flop	22
<b>Chapitre III: Résultats Et Interprétations</b>	
Figure III.1. Proteus	24
Figure III.2. Schéma structurelle de la carte d'alimentation “.DSN”	25
Figure III.3. Régulateur de tension	26
Figure III.4. Schéma structurelle de carte d'alimentation sur ARES	26
Figure III.5.Circuit Principaie de la carte Principale “.DSN”	26
Figure III.6.Circuit Principaie de lumiere LED 1	28
Figure III.7.Circuit Principale de lumiere LED 4	29
Figure III.8.Circuit Principaie de lumiere LED 3	29
Figure III.9.Circuit Principaie de lumiere LED 9	30
Figure III.10. Circuit imprimé de carte principale sur ARES	30
Figure III.11.Circuit imprimé en 3D	31

## Liste de Tableau

<b>Tableau</b>	<b>Page</b>
<b>Chapitre I : notions de base sur un phasemètre</b>	
Tableau I. 1 : Grandeurs et unités de mesure.	<b>06</b>
<b>Chapitre III: Résultats Et Interprétations</b>	
Tableau III.1 : représentant les changements d'angle entre deux phases et l'affichage à LED	<b>30</b>



## Listes des symboles et abréviations

<b>A</b>	ampère
<b>AC</b>	administration centrale
<b>j</b>	jour*
<b>m/s</b>	mètre par seconde
<b>quant.</b>	quantité
<b>s</b>	seconde*
<b>t</b>	tonne
<b><math>\phi</math></b>	phase à l'origine du signal
<b>T</b>	la période du signal
<b>V</b>	La tension
<b>(X - Y)</b>	La touche de fonction
<b>Y</b>	les voies
<b><math>\Delta t/T</math></b>	est proportionnel au déphasage
<b>ET</b>	Les porte
<b>Ph 2-N</b>	Phasemètre numérique précis et polyvalent

A decorative banner featuring a white background with a gold border. The banner is surrounded by a collage of green and grey leaves. The background of the banner has a subtle marbled pattern. The text "Introduction générale" is written in a black, italicized serif font within the white box.

# *Introduction générale*

## **Introduction générale**

Le besoin de connaître le déphasage entre deux phénomènes peut apparaître dès que ceux-ci présentent un caractère de périodicité dans le temps. Cette notion de déphasage est donc très générale et peut faire l'objet de mesures dans des domaines de la physique aussi variés que l'électricité, l'électronique, l'optique, la mécanique, l'acoustique... pour n'en citer que quelques-uns. Les méthodes utilisées pour étudier ou mesurer ces déphasages sont généralement spécifiques au domaine concerné. Néanmoins, il est souvent possible de transformer, au moyen de capteurs appropriés, des signaux de nature quelconque en signaux électriques. Dans ce cas, le problème est ramené à une mesure de déphasage entre signaux électriques.

Les méthodes numériques ont ensuite fait progressivement leur apparition. Les premières applications aux mesures de déphasage étaient basées sur le comptage d'impulsions. Avec le développement des composants électroniques tels les échantillonneurs bloqueurs et les convertisseurs analogique-numérique et numérique-analogique, et surtout avec l'accroissement rapide de leurs performances, les méthodes par échantillonnage sont actuellement de plus en plus utilisées. Celles-ci rendent possible l'acquisition des signaux au moyen d'équipements standard (voltmètres numériques à échantillonnage équipés d'une interface informatique), puis l'accès à l'information recherchée au moyen d'un logiciel de traitement des données acquises spécifique à l'application.

Des méthodes, aussi bien analogiques que numériques, peuvent par ailleurs être utilisées pour la mesure de déphasage entre signaux dans un environnement très bruité. Celles-ci font généralement appel à des techniques de détection synchrone.

Enfin, des méthodes de déphasage et de génération de signaux déphasés, avec les moyens de validation associés, sont présentées dans ce mémoire.

Dans ce mémoire nous avons organisé notre travail de la manière suivante:

➤ **Partie théorique :**

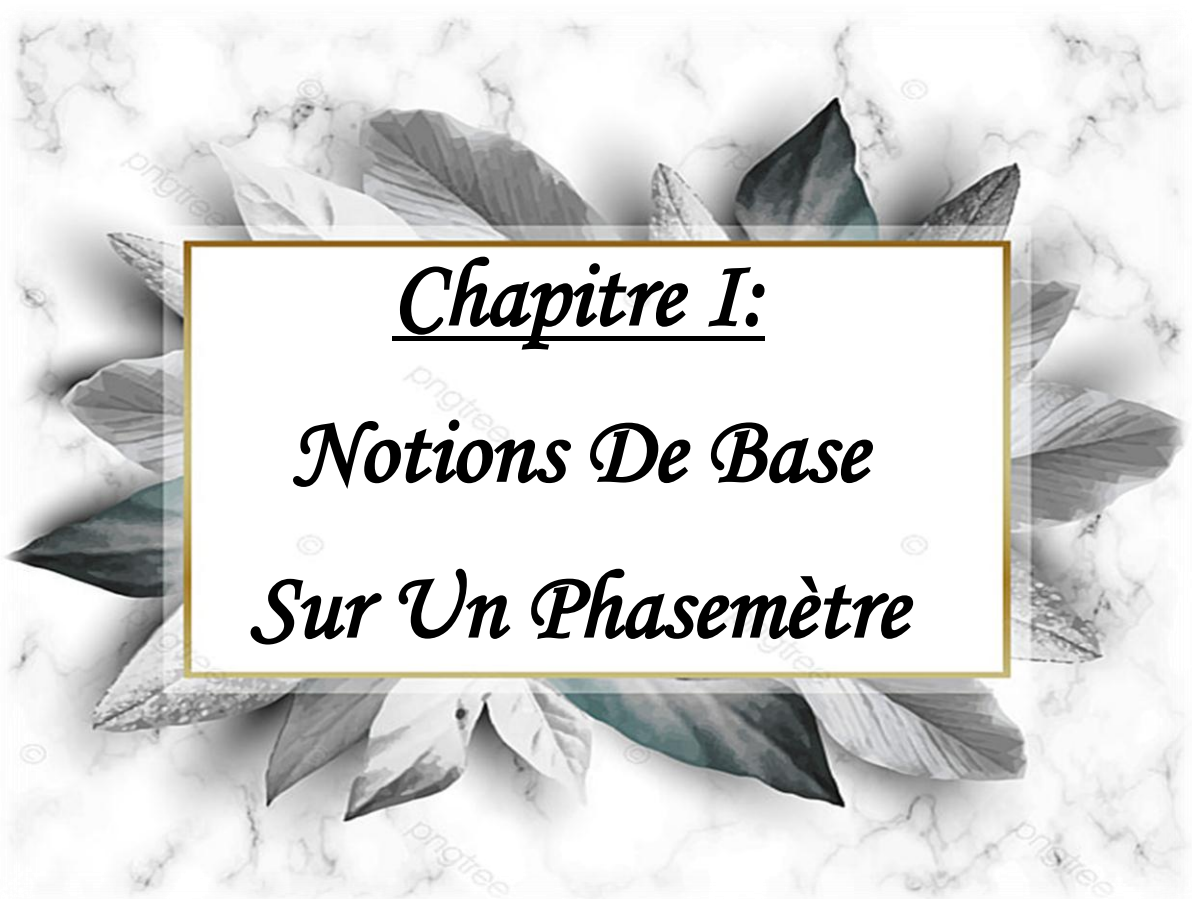
**Chapitre I :** Nous présentons dans ce chapitre dès la présentation notions de base sur un phasemètre.

**Chapitre II :** Dans ce chapitre nous avons étudié théoriquement méthodes et les type des phasemètres.

➤ **partie simulation :**

**Chapitre III :** A travers de ce chapitre nous présentons les étapes pour obtenus la Simulation Numérique.

Enfin nous terminerons notre travail par une conclusion générale



*Chapitre I:*  
*Notions De Base*  
*Sur Un Phasemètre*

### I.1. Introduction:

L'analyse des signaux électriques et électroniques ne peut pas être limitée à sa largeur puisque l'utilisation de voltmètres est courante. Extrêmement négligée, compte tenu de sa difficulté à la mettre en œuvre dans certains cas (par exemple dans la méthode de Lissajous), l'analyse de phase du signal est néanmoins nécessaire pour bien comprendre la stabilité du système étudié. Cette analyse devient très simple avec un phasemètre. [1]

### I.2. Phase et différence de phase :

Le déphasage entre deux ondes est la différence entre leurs phases. Souvent, on mesure cette différence de phases à un même instant pour les deux ondes, mais pas toujours au même endroit de l'espace. [2]

Le déphasage entre deux ondes peut être exprimé, selon la mesure effectuée :

- comme un angle (en radians, degrés voire tours, en considérant un tour comme une période) .
- comme un temps (en secondes, à comparer avec la période) .
- comme une distance (en mètres, à comparer avec la longueur d'onde).

La notion de déphasage n'est pas limitée à des ondes sinusoïdales. On peut parler de déphasage pour tout type d'onde ou phénomène périodique. Pour les ondes ou les phénomènes qui n'ont pas la même période, la notion de déphasage peut ne présenter aucun intérêt. Pour un phénomène non périodique on ne peut parler que de décalage.

#### ✚ Définition mathématique :

Dans le cas de deux ondes sinusoïdales de même vitesse angulaire  $\omega$  et nombre d'onde  $k$ , mais avec des phases initiales  $\varphi$  différentes, représentées mathématiquement par :

$$y_1 = A_1 \cos(\omega t - kx_1 + \varphi_1) \quad (\text{I.1})$$

Et :

$$y_2 = A_2 \cos(\omega t - kx_2 + \varphi_2) \quad (\text{I.2})$$

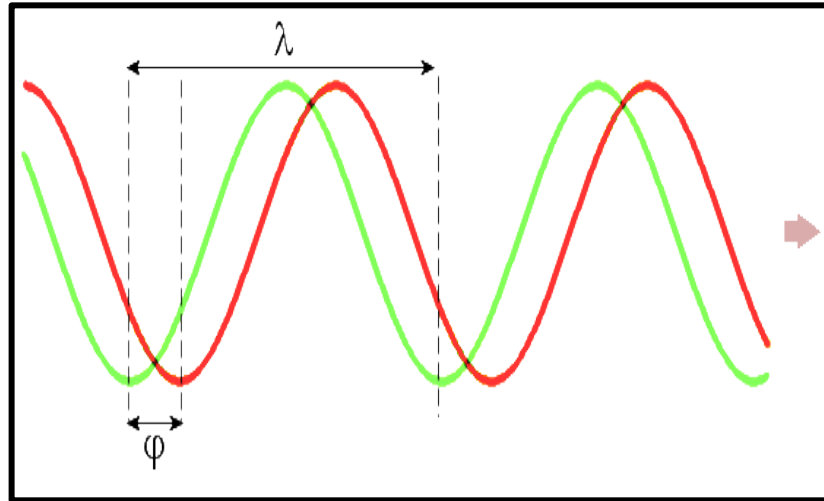
Le déphasage  $\Delta\varphi$  à l'instant  $t$  est :

$$\Delta\varphi = (\omega t - kx_2 + \varphi_2) - (\omega t - kx_1 + \varphi_1) = (-kx_2 + \varphi_2) - (-kx_1 + \varphi_1) \quad (\text{I.3})$$

- Si  $\Delta\varphi$  est positif, l'onde 2 est en avance de phase par rapport à l'onde 1.

- Si  $\Delta\varphi$  est négatif, l'onde 2 est en retard de phase par rapport à l'onde 1.

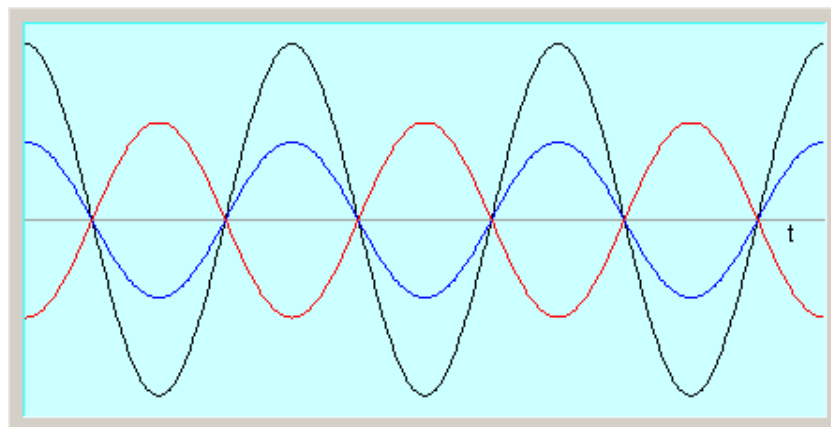
Lorsqu'on étudie les interférences entre plusieurs ondes, on identifie parfois ce déphasage à la différence de marche. [2]



**Figure I.1 :** Deux ondes de même longueur d'onde présentent un déphasage.[2]

Avec cette convention, si le déphasage réduit vaut  $\varphi$  on distingue trois cas particuliers : [2]

- $\varphi = 0$  les deux ondes sont **en phase** .
- $\varphi = \pm\pi$  les deux ondes sont **en opposition de phase** soit un déphasage à 180 rad
- $\varphi = \pm\frac{\pi}{2}$  les deux ondes sont **en quadrature** soit un déphasage à 90 rad



**Figure I.2 :** Si l'onde noire est prise comme référence, l'onde bleue est en phase et l'onde rouge est en opposition de phase.[2]

**I.3. Définition :**

Le phasemètre est un appareil de mesure, qui sert à mesurer la phase d'un signal SA par rapport à un autre signal SB de même fréquence qui sert de référence.

Les deux signaux sont mis en forme à l'entrée de l'appareil. Dans un premier temps, l'appareil mesure la période du premier signal Sa soit  $T_0$ , dans un deuxième temps, il mesure  $\Delta T$  le décalage horaire entre les deux signaux, ensuite il calcule le déphasage selon la formule suivante : [3]

$$\varphi = 2\pi \cdot \frac{\Delta T}{T_0} (\text{rd}) \text{ ou } \varphi = 360 \cdot \frac{\Delta T}{T_0} (\text{degrés}). \quad (\text{I.4})$$

**Tableau I. 1 : Grandeurs et unités de mesure.[4]**

Grandeur	Symbole	Unité	Symbole	Appareil de mesure
Déphasage	$\phi$	degré ou radian	( rad) ou (rad)	phasemètre

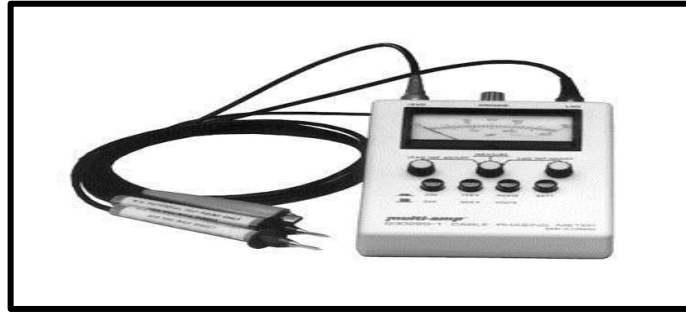
**I.4 Types des phasemètres:**

Un phasemètre est un système qui traduit un phénomène physique non ou difficilement accessible à nos sens, en un autre phénomène pouvant être visualisé et estimé.

Il existe deux grandes classes de phasemètres:

- Les phasemètres à déviation ou analogiques par leur principe de fonctionnement, donnent théoriquement une valeur de la grandeur à mesurer exactement proportionnelle à cette grandeur
- Les phasemètres des mesures numériques ou logiques : ils donnent une valeur représentant la grandeur à mesurer au pas de quantification près. Cette valeur est donnée sous une forme de nombre (affichage numérique).[5]





*Figure I. 3 : phasemètre analogique*



*Figure I. 4 : Phasemètre numérique*

#### **I.4.1. Critiques des différents types des phasemètres**

D'autres types de phasemètres ont été essayés sans apporter de résultats satisfaisants.[6]

##### **a. Phasemètre n'utilisant qu'une ligne trigonométrique de l'angle d'entrée $\theta_e$**

Le signal  $\sin \theta_e$  étant, par exemple, délivré par un générateur B.F., il est nécessaire de le déphaser dans un circuit intégrateur pour obtenir  $\cos \theta_e$ . Ceci présente une grande difficulté, le circuit intégrateur étant en boucle ouverte, très vite, sa dérive rend le déphasage erroné. Il est donc nécessaire de prévoir un moyen de le recalibrer.[6]

Un phasemètre n'utilisant que le  $\sin \theta_e$  est donc plus intéressant à priori. Avec les notations du paragraphe 2.3., considérons l'expression :

$$\begin{aligned}
 2 \sin \theta_e \cdot \cos \theta_s &= \sin(\theta_e + \theta_s) + \sin(\theta_e - \theta_s) \\
 &= \sin(2\theta_s + \epsilon_p) + \sin \epsilon_p \\
 &= \sin 2\theta_s \cdot \cos \epsilon_p + \sin \epsilon_p \cdot \cos 2\theta_s + \sin \epsilon_p \quad (I.5)
 \end{aligned}$$

D'où en posant pour  $\epsilon_p$  petit  $\sin \epsilon_p \approx \epsilon_p$

$$\cos \varepsilon p \approx 1$$

$$2 \sin \theta_e \cdot \cos \theta_s \approx \sin 2 \theta_s + \varepsilon p \cos 2 \theta_s + \varepsilon p$$

$$\approx 2 \cos \theta_s \cdot \sin \theta_s + \varepsilon p (1 + \cos^2 \theta_s - \sin^2 \theta_s)$$

$$\varepsilon p \approx \frac{2 \cos \theta_s (\sin \theta_e - \sin \theta_s)}{1 + \cos^2 \theta_s - \sin^2 \theta_s}$$

$$\varepsilon p \approx \frac{\sin \theta_e - \sin \theta_s}{\cos \theta_s} \quad (I.6)$$

On convient de prendre pour  $\varepsilon 1$  cette approximation de  $\varepsilon p$  qui n'utilise que le sinus de l'angle  $\theta_e$ .

$$\varepsilon 1 \approx \frac{\sin \theta_e - \sin \theta_s}{\cos \theta_s} \quad (I.7)$$

Les essais avec ce type de phasemètre ont montré que le système asservi ne se stabilisait pas. Ceci est dû à l'imprécision du calcul de  $\varepsilon 1$  lorsque  $\cos \theta_s$  est petit, la division se faisant alors dans de très mauvaises conditions. [6]

### **b. Phasemètre n'introduisant pas de changement de signe:**

Si nous considérons les expressions (1) et (2) du paragraphe 2.3., nous constatons que le dénominateur change de signe. Ceci oblige à introduire des commutations supplémentaires, le principe du diviseur nécessitant un dénominateur toujours positif.

Nous remplacerons donc les expressions {1} et {2} par : [6]

$$\varepsilon 1 \approx - \frac{\sin \theta_e (\cos \theta_e - \cos \theta_s)}{\sin^2 \theta_e} \quad (3) \text{ si } |\sin \theta_e| > \frac{\sqrt{2}}{2} \quad (I.8)$$

$$\varepsilon 1 \approx \frac{\cos \theta_e (\sin \theta_e - \sin \theta_s)}{\sin^2 \theta_e} \quad (4) \text{ si } |\cos \theta_e| > \frac{\sqrt{2}}{2} \quad (I.9)$$

Les essais du système asservi en boucle fermée avec ce type de phasemètre ont permis d'obtenir des performances identiques à celles permises par le phasemètre utilisant les équations (1) et (2).

Le choix n'a plus alors été dicté que par des raisons technologiques. Il faut ici au moins deux multiplieurs de plus et ceci en introduisant des commutations. La solution consistant à n'avoir qu'une commutation entrante l'utilisation de six multiplieurs.

Le phasemètre décrit au paragraphe 2.3. Nécessite l'emploi de six commutations mais d'un seul multiplicateur, c'est ce qui nous a conduits à le choisir.[6]

### I.5. Méthodes de mesure du déphasage :

Il existe deux méthodes de mesure: [7]

#### I.5.1. Méthode directe :

Elle consiste à utiliser un phasemètre dont le mode de fonctionnement est soit analogique (phasemètre à aiguille) ou numérique.

#### I.5.2. Méthode indirecte :

Elle consiste à utiliser un oscilloscope soit en mode bi-courbe, soit en mode Lissajous.

### I.6. Exemple d'un phasemètre numérique précis et polyvalent :

- Mesure d'angle de phase entre deux signaux sinusoïdaux avec fonctions avancées
- Mesure entre Tension / Tension
- Mesure entre Tension / Courant
- Mesure entre Courant / Courant.
- Mesure efficace vraie de l'amplitude de la tension et du courant sur les deux voies.
- Mesure de l'angle avance ou retard, du facteur de puissance.
- Liaison USB pour connexion avec un composant active X® est disponible en option pour récupérer les données sur un PC en liaison directe.[8]



**Figure I. 5 :** Exemple d'un phasemètre (PH2-N)[8]

### ✚Présentation :

- Dimensions : 190 x 150 x 230 mm

- Masse : 2.5 kg
- Alimentation : 115/230 V (a.c.) 50/60Hz 2 pôles + terre

#### ✚ **Caractéristiques :**

Deux voies isolées galvaniquement entre elles et de l'alimentation générale

- Entrée tension de 0.2 à 500 V (a.c.) sur deux calibres automatiques 12 et 500 V
- Entrée courant directe de 0.1 à 20 A (a.c.) (possibilité d'étendre la mesure avec des pinces de courant)

#### - **Protections :**

- Alimentation générale par fusible

#### - **Mesures :**

- Affichage de l'angle entre 0-360 rad ou +-180 rad sélectionnable par l'utilisateur
- Précision de l'angle +- 0.3 rad pour 20% ou plus de la gamme utilisée
- Résolution : 0.1 rad
- Fréquence de 40 à 70 Hz résolution 1 mHz
- Amplitude tension : Mesure efficace vraie TRMS
- Précision amplitude tension : 0.5 %
- Amplitude courant : Mesure efficace vraie TRMS
- Précision amplitude courant : 0.5 %

#### - **Conditions Environnementales :**

- Température d'utilisation 0 à 50 radC
- Température de stockage -40 à + 70 radC
- Degré de pollution 2

- Prévu pour utilisation en milieu industriel et poste haute tension

#### **Affichage :**

- Sur écran graphique LCD rétro éclairé
- angle de phase avec mesure RMS
- Puissance tension/courant
- Synchronoscope
- Facteur de puissance avec indication du quadrant

#### **Domaines d'applications**

- Relais de protection directionnels
- Évaluation de l'angle de phase des lignes de transport d'énergie
- Vérification de la connexion des lignes de puissance pour le sens de rotation des moteurs
- Contrôle de puissance en amont du système de protection
- Synchronisme entre deux systèmes
- Mesure du déphasage des transformateurs de puissance[8]

### **I.7. Inconvénient et solution:**

#### **Inconvénient:**

La consommation d'un segment d'afficheur d'environ est d'au moins 15 mA, soit 105 mA pour l'afficheur au maximum. dans un système à 4 afficheurs, cela fait 420 mA au total. Les alimentations de ces systèmes devraient donc fournir des courants d'intensité élevée, d'où un volume et un coût importants.[9]

#### **Solution :**

Pour réduire le volume, le coût de fabrications et le cout de fonctionnement de ces systèmes, on fait éclairer les afficheurs les uns après les autres, à une fréquence élevée. de

cette façon, la consommation maximale est de 105 mA, et cela quel que soit le nombre d'afficheurs présents et tout ca on va la réaliser a l'aide de l'affichage multiplexe.[9]

### **I.8. Conclusion:**

On a introduit dans cette partie Définition mathématique les types des phasemètres, phasemètre n'introduisant pas de changement de signe, méthodes de mesure du déphasage, inconvénient et solution d'un phasemètre .



*Chapitre II:*  
*Méthodes Et Les Type Des*  
*Phasemètres*

### II.1. Introduction:

Soit un signal sinusoïdal  $s(t)$  de pulsation  $\omega$  ( $\omega = 2\pi f$ ,  $f$  désignant la fréquence du signal) et d'amplitude  $A$ . Un tel signal est décrit par l'expression :

$$S(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi) \quad (\text{II.1})$$

Où  $\varphi$  est appelé « phase à l'origine du signal ».

À la différence de l'amplitude et de la fréquence, la phase ainsi définie n'est pas un paramètre intrinsèque caractéristique du signal, mais dépend de l'instant choisi comme origine des temps.

Considérons maintenant un second signal sinusoïdal de même fréquence que nous noterons :

$$S_1(t) = A_1 \sin(\omega t + \varphi_1) \quad (\text{II.2})$$

Si  $\varphi_1$ , comme  $\varphi$ , est lié au choix de l'origine des temps, la différence  $\varphi_1 - \varphi$ , appelée « avance de phase du signal  $s_1(t)$  sur  $s(t)$  », en est quant à elle totalement indépendante et caractérise le décalage temporel entre les deux signaux.

Cette différence est nulle lorsqu'il n'y a pas de décalage entre les signaux (signaux en phase) et croît proportionnellement à ce décalage (signaux déphasés) pour prendre la valeur  $2\pi$  lorsque celui-ci atteint la valeur d'une période des signaux considérés.

### II.2. Méthodes basées sur l'utilisation d'un oscilloscope:

#### II.2.1. Méthode utilisant un oscilloscope à double trace :

La méthode consiste à déterminer le déphasage entre deux signaux de même fréquence  $f$  ; Pour cela, on réalise le montage de la figure II. 10 suivante : [18]

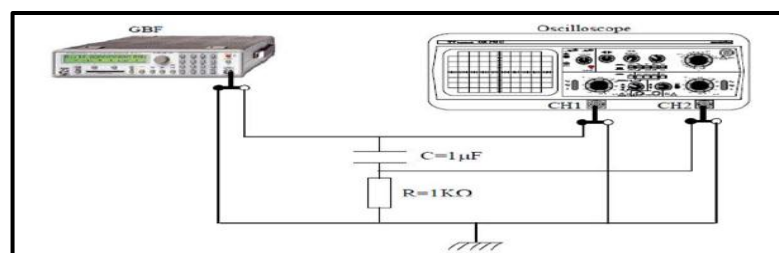


Figure II. 1 : Schéma du montage de mesure de déphasage

#### ➤ Mesure directe : [18]

On branche aux deux entrées CH2 et CH1 de l'oscilloscope respectivement les tensions  $v_2$  aux bornes de la résistance et  $v_1$  aux bornes de l'ensemble (ou encore celle délivrée par le GBF). On mesure, à l'aide de l'oscilloscope, le décalage horaire  $\theta$  puis on en déduit le

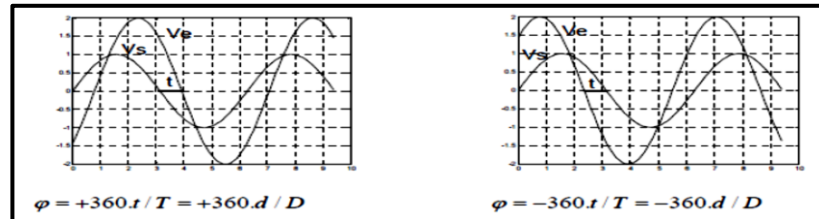


déphasage ( $\varphi$ ).

➤ **Résultat** : Soit deux signaux sinusoïdaux de même fréquence  $f$ , appliquées aux deux entrées YA et YB de l'oscilloscope et présentant un déphasage  $\varphi$  ;

$$Y_A = V_{max} \cdot \cos(\omega t) \quad (II.3)$$

$$Y_B = V_{max} \cdot \cos(\omega t + \varphi) \quad (II.4)$$



**Figure II.2** : Mesure directe d'un déphasage entre deux signaux

De même fréquence pour deux valeurs de déphasage  $\varphi$  ( $T$  : la période du signal)

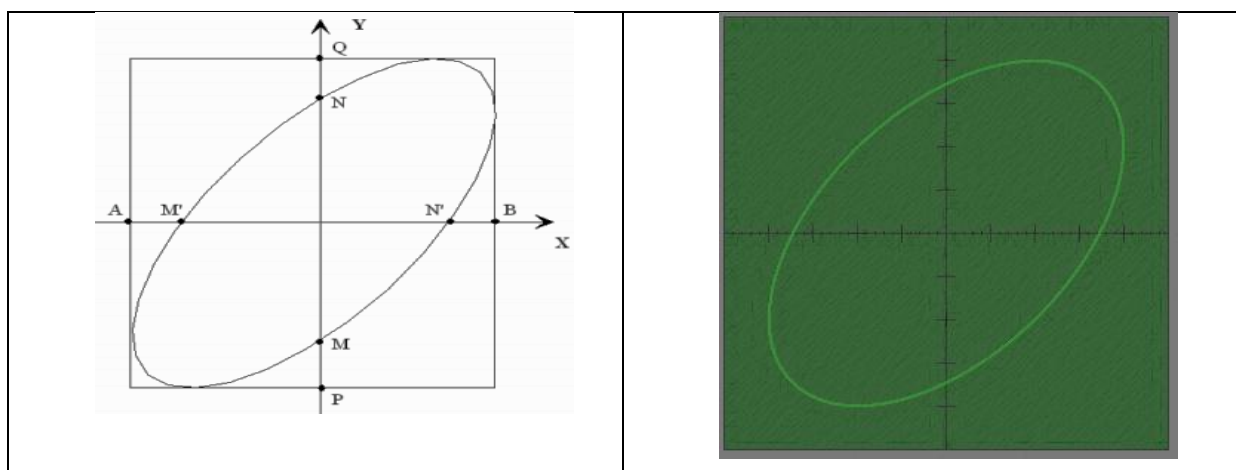
### II.2.2. Méthode de l'ellipse de Lissajous:

Une autre méthode consiste à appliquer les tensions  $V_1$  et  $V_2$  respectivement sur les voies Y1 et Y2. La touche de fonction (X - Y) est actionnée. La tension  $V_2$  est alors appliquée au balayage de x tandis que  $V_1$  est appliquée au balayage de y :

$$x = V_2 \cos(\omega t) \quad (II.5)$$

$$y = V_1 \cos(\omega t + f) \quad (II.6)$$

Le spot va alors décrire sur l'écran une ellipse (figure II. 4) inscrite dans un rectangle de côtés  $(2V_1, 2V_2)$



**Figure II.3** : de l'ellipse de Lissajous

L'équation de cette ellipse est :

La valeur du déphasage est donnée par :

**Remarque :** On obtiendra une meilleure précision dans la mesure, en agrandissant au maximum le rectangle dans lequel s'inscrit l'ellipse (action sur les calibres).

$$\frac{x^2}{v^2} + \frac{y^2}{v_1^2} - \frac{2xy}{v_1 v_2} \cos \varphi = \sin^2 \varphi \quad (II.7)$$

$$\sin \varphi = \frac{MN}{PQ} = \frac{M'N'}{AB} \quad (II.8)$$

### II.3. Par phasemètre:

#### II.3.1. Principe :

Une chaîne électronique élabore une tension dont la valeur moyenne est proportionnelle à la différence de phase entre le signal de référence et le signal étudié.

La méthode choisie pour l'élaboration est soit analogique, soit numérique.

De même la mesure de cette tension (et son affichage) est soit analogique, soit numérique.

Ce n'est pas parce que l'on lit un nombre que l'appareil est «tout» numérique.

#### II.3.2. Les type de phasemètre :

##### II.3.2.1. Principe d'un phasemètre analogique :

On utilise un multiplieur analogique:

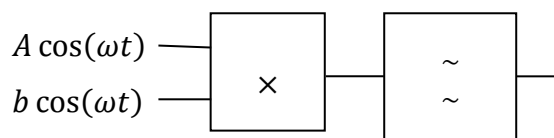
$$si e_1 = E_1 \cos(\omega t) \quad (II.9)$$

et

$$e_2 = E_2 \cos(\omega t + \varphi_0) \quad (II.10)$$

Alors:

$$s = \frac{E_1 E_2}{10} \cos(\omega t) \cos(\omega t + \varphi) = \frac{E_1 E_2}{10} \frac{1}{2} [\cos(2\omega t + \varphi_0) + \cos \varphi_0] \quad (II.11)$$



Un filtrage passe-bas permet de récupérer uniquement la valeur Moyenne

$$\bar{s} = \frac{E_1 E_2}{20} \cos \varphi_0 \quad (\text{II.12}) .$$

on emploie par exemple un RC du premier ordre (cf 1.) avec :

$$R = 1\text{M}\Omega, C = 1 \mu\text{F} \text{ et } f_c \leq 1 \text{ Hz}.$$

Il suffit ensuite d'étalonner en imposant successivement le même signal  $e_{1}$  puis  $e_{2}$  (2) aux deux entrées d'où les lectures de

$$s_1 = \frac{E_1^2}{20} \text{ et } s_2 = \frac{E_2^2}{20}$$

$$\text{On aura : } \cos \varphi_0 = \frac{\bar{s}}{\sqrt{s_1 \cdot s_2}} = \cos \Delta \varphi \quad (\text{II.13})$$

Ce principe peut être amélioré pour mesurer  $\Delta \varphi$  lorsque les signaux fluctuent en amplitude : [14], [15c].

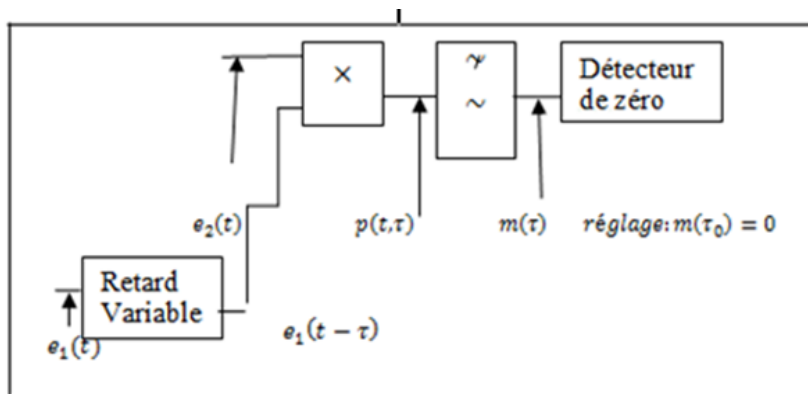


Figure II. 4: Schéma montrant l'utilisation d'un multiplicateur analogique

$$P(t) = \frac{E_1 E_2}{10} \cos(\omega t + \varphi_0) \cos[\omega(t - \tau)] \quad (\text{II.14})$$

$$m(t) = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{E_1 E_2}{20} \cos(\omega \tau + \varphi_0) \quad (\text{II.15})$$

Le réglage de la ligne à retard permet d'obtenir  $m(\tau_0) = 0$

$$\text{d'où : } \varphi_0 + \omega \tau_0 = (2k + 1) \frac{\pi}{2} \quad K \in Z \quad (\text{II.16})$$

On s'affranchit ainsi du coefficient en facteur et donc des amplitudes, avec une bonne sensibilité.

### II.3.2.2. Phasemètre numérique:

La mesure de déphasage entre deux signaux est un cas particulier de mesure d'intervalle de temps pour lequel les deux signaux sont sinusoïdaux.

Pour mesurer le déphasage on utilise un appareil dit phasemètre.

En effet, pour mesurer cet intervalle de temps, on utilise un phasemètre numérique

qui permet la détermination et la détection d'un déphasage entre les deux signaux analogiques en un intervalle de temps, puis l'affichage du résultat sous forme numérique. [17]. [12] [12a] [12d] [15] [15a] [15d] [15c] [18] [20].

La différence de phase entre deux signaux sinusoïdaux de même fréquence est donnée par l'équation suivante:

$$\varphi = 2\pi f \Delta t = \omega \Delta t \text{ ou } \varphi \text{ (rd)} = 2\pi \frac{\Delta t}{T} \tag{II.17}$$

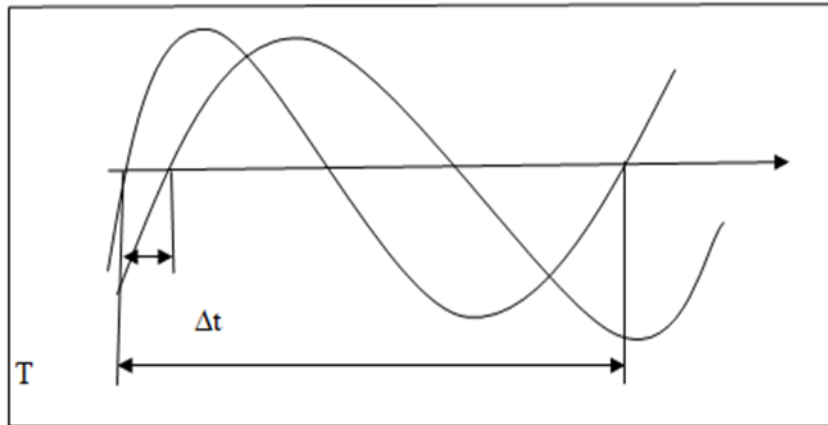


Figure II.5 : la mesure de déphasage entre deux signaux. [17]

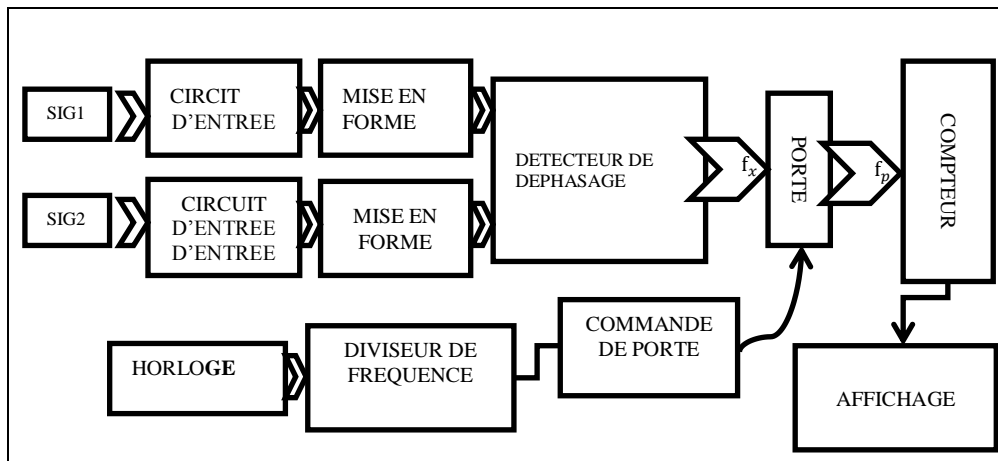


Figure II.6 : schéma synoptique d'un phasemètre numérique. [17]

D'après l'équation (II.19), on remarque que pour mesurer intervalle de temps  $\Delta t$ , il est nécessaire de faire un traitement des signaux (amplification, mise en forme, différentiation...). Si on utilise un période mètre numérique pour mesurer l'intervalle de temps  $\Delta t$ , on peut utiliser l'équation (II.21) ;

$$\Delta t = n \cdot T_0 \quad (20) \text{ et } T = n \cdot T_0 \tag{II.18}.$$

On remplace (II.20) et (II.21) dans (II.19) ; on aboutit à :

$$\varphi = 2\pi \cdot \frac{n}{N} \tag{II.19}.$$

Le nombre d'impulsions  $n_0$  correspondant a un déphasage est:

$$n_0 = \varphi_0 N/2\pi = T/360 \cdot T_0 ; \text{ Avec } T_0 = 2.78 \cdot 10^{-3} \quad (\text{II.20}).$$

D'après l'expression (II.23), on remarque que la valeur de  $n_0$  dépend de la fréquence  $f_0$  de l'horloge et de la fréquence de la tension d'entrée.

Pour diminuer l'erreur de discrétisation, on doit avoir :

$$f_0/f = T/T_0 > 10^3 \quad (\text{II.21})$$

Si la fréquence de l'horloge est de 10 KHZ. Pour remédier à cet inconvénient, on mesure directement le temps relatif  $\Delta t/T$  qui est proportionnel au déphasage ; dans ce cas l'indication de l'appareil ne dépend plus de la fréquence des tensions d'entrée  $u_1$  et  $u_2$ . Les circuits de mise en forme  $MF_1$  et  $MF_2$  sont identiques et ils permettent la transformation des tensions sinusoidals en signaux logiques. L'intervalle de temps, entre chaque paire d'impulsions, est proportionnel a la différence de phase et à  $1/T$ .

Les deux signaux issus des mise en forme  $Mf_1$  et  $Mf_2$  agissent respectivement sur une bascule RS dont la sortie foirnit un impulsion de duree egale a lintervalle de temps  $\Delta t$ .

Le signal déphasage est applique à l'entrée d'un circuit logique (ET). Celui-ci reçoit également le signal fournit par une horloge a quartz. Puisque la porte logique (ET) ne s'ouvre que pendant le temps  $\Delta t$  déphasage, on obtient a la sortie un paquet d'impulsions dont le nombre est proportionnelle au déphasage  $\varphi$  ou à  $\Delta t$ .  $\Delta t = n \cdot T_0$  (II.25)

Avec  $T_0$  : Période de l'horloge

$n_x$  : Nombre d'impulsions proportionnelles à  $\Delta t$ .  $\varphi = \omega \cdot \Delta t = \omega N_x \cdot T_0$  ; pour  $\varphi = \pi$  on a  $\Delta t = T_x/2$ . On compte le nombre d'impulsions  $n_x$  pour obtenir  $\Delta t$  déphasage.

Pour augmenter la précision, on mesure  $m$  paquets d'impulsions pendant un intervalle de temps noté  $T_m \gg T_x$ . La porte ET2 set ouverte pendant le temps  $T_m$ . Cet intervalle de temps  $T_m$  est obtenu par division de la période de L'horloge à quartz.

Le nombre d'impulsions  $N_x$ , comptees par le compteur pendant l'intervalle de temps  $T_m$  est proportionnel à la différence de phase  $\varphi$ . Soit  $m = T_{mes}/T_x$ , et  $n = \Delta t/T_0$

$m$  : nombre de paquets d'impulsions comptées pendant e temps  $T_m$  est égale à :

$$T_m = n \cdot m = (T_m/T) \cdot \Delta t \cdot T_0 = (T_m/T) \cdot \Delta t / f_0 \quad (\text{II.22})$$

en combinant les expressions (II.19) et (II.26), on arrive :  $\varphi = 2\pi \frac{N_x}{f_0 T_m}$  (II.23)

D'après l'expression (II.27), on remarque que le déphasage  $\varphi$  est indépendant de la fréquence des tensions  $u_1$  et  $u_2$ . la précision de ce type du phasemètre numérique est meilleur que celle des phasemètres analogiques

L'erreur de discrétisation peut être inférieure à 0.5%. [19]

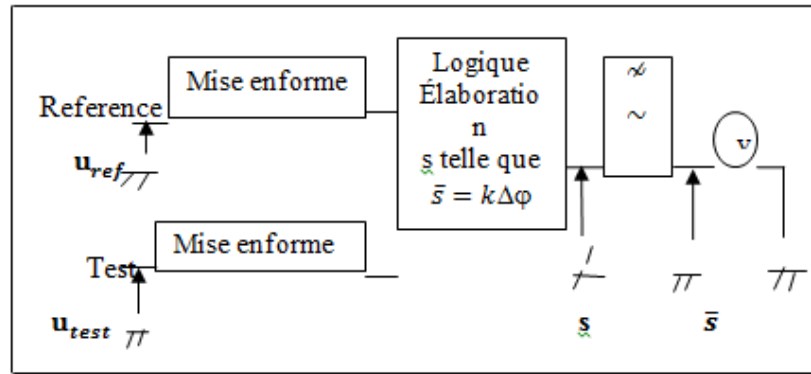


Figure II. 7: montrant le déphasage

➤ **Entrée :**

La mise en forme élabore des signaux de commande de la logique soit sous forme de signaux carrés (écrêtage et comparateur à seuil) soit sous forme d’impulsions.

Le critère de choix des A.O. employés est leur taux de variation de tension de sortie («vitesse de balayage» ou «slew rate») S.R.

Exemples :

A.O.	741	TL 081	LM 339	LM 318
S.R. (V/μs)	0,5	13	17	60

Ce facteur limitera la gamme de fréquences pour lesquelles la mesure sera possible.

➤ **Étage logique :**

Il élabore un signal carré de rapport cyclique tel que la valeur moyenne de l’amplitude soit proportionnelle à Δφ.

Il peut employer par exemple des portes logiques (dont «ou exclu- sif») des bascules RS (set/reset ~ marche/arrêt) [16].

**Prise de moyenne :** par filtrage passe-bas

➤ **Sortie :**

Mesure de s, correction d’échelle par choix de calibre pour que la tension affichée corresponde à la valeur de Δφ (en degré par ex.). Le voltmètre peut bien sûr être lui-même numérique.

**II.3.3. Phasemètre à bascule RS:**

L’événement caractéristique des deux signaux est le front de descente. Il est différencié par un circuit RC de faible constante de temps, et l’impulsion obtenue appliquée aux entrées R et S d’un bistable RS. Le signal recueilli sur sa sortie Q à une valeur moyenne qui est directement proportionnelle au déphasage. C’est l’un des rares montages

fournissant la phase absolue de 0 à 360 rad.

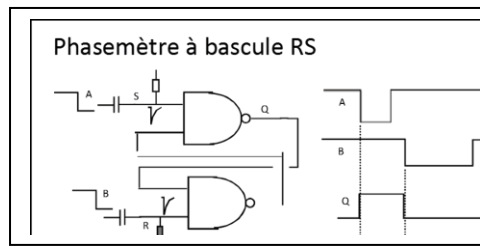


Figure II. 8: montrant le signe par RS

### II.3.4. Phasemètre à Ou-exclusif:

Les deux signaux à comparer doivent avoir un rapport cyclique de  $\frac{1}{2}$ . Un ou exclusif entre eux donne un signal dont la valeur moyenne est fonction linéaire du déphasage de 0 à 180 rad.

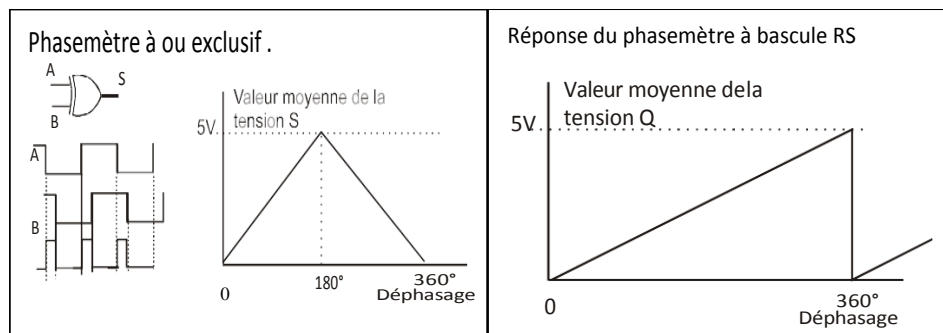
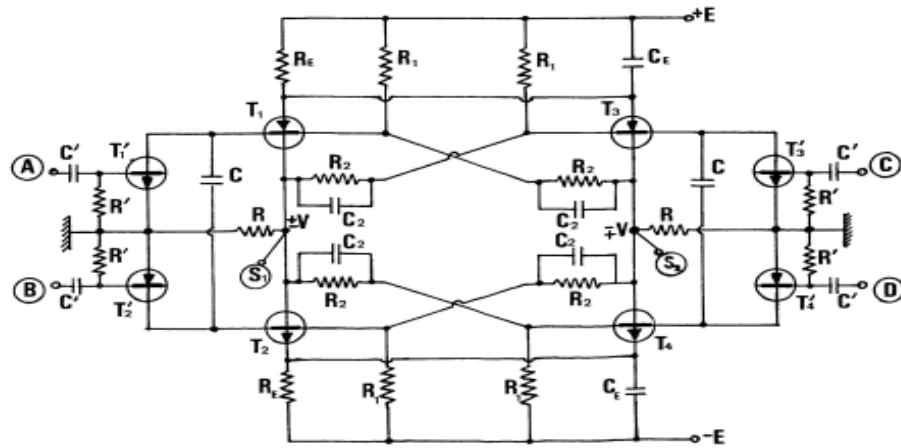


Figure II. 9: montrant Phasemètre a ou exclusif

Entre 0 et 180 rad puis entre 180 et 360 rad la pente change de signe, la phase n'est mesurée qu'à  $\pi$  près

### II.3.5. Phasemètre à bascule ou « flip flop »:

La réalisation la plus courante d'un phasemètre ou d'un comparateur de phase à réponse linéaire fait appel à une bascule ou « flipflop » dont on provoque le changement d'état au moyen d'impulsions provenant des deux signaux d'entrée [10], [10a], [10b], [10c] [11], [12] : on obtient après filtrage une caractéristique en dent de scie. Le dispositif que nous décrivons utilise un élément bistable dont les deux niveaux de la tension de sortie sont symétriques par rapport à zéro. Il présente les deux avantages suivants : d'une part, on obtient directement après filtrage, outre une réponse linéaire en fonction du déphasage entre deux tensions, le signe de ce déphasage; d'autre part on peut placer l'origine des mesures à 0,  $\pi/2$  ou  $\pi$  simplement en choisissant l'un des trois modes de déclenchement. L'attaque du dispositif doit être faite par des signaux périodiques carrés. Pour des signaux périodiques différents, on fera précéder les entrées du dispositif par des circuits de mise en forme (limiteurs, comparateurs, etc.) [11a] [11b].



**Figure II. 10:** Le circuit est composé principalement d'une Phasemètre à flip flop

Description du circuit. - Le circuit est composé principalement de deux bascules T1, T3 et T2, T4 qui sont complémentaires et interconnectées [13], l'ensemble fonctionnant comme un élément bistable. Un des deux états stables correspond à T1 et T4 conducteurs avec T2 et T3 bloqués. La sortie est prise aux bornes d'une résistance commune à deux collecteurs, soit T1 et T2 pour S1, soit T3 et T4 pour S2. Les deux niveaux de sortie sont symétriques par rapport au zéro. Le circuit de déclenchement est constitué des quatre transistors T' à T4, attaquant chacun un des quatre transistors de l'élément bistable. Il comprend un couplage par les capacités C entre les bases des transistors T1, T2 d'une part, et T3, T4 d'autre part. On dispose ainsi de quatre entrées de déclenchement notées A, B, C et D. Une des sorties est reliée à un filtre actif passe-bas de gain unité délivrant la composante continue du signal de sortie de l'élément bistable.

### II.3.6. Phasemètres électrodynamiques:

Les phasemètres électrodynamiques ne sont guère employés que comme indicateurs de tableau et de plateforme. Leur bande passante est généralement limitée à une centaine de Hz, et leur consommation peut atteindre plusieurs volts-ampères. Ils sont, de ce fait, essentiellement utilisés comme indicateurs de déphasage

Entre la tension et le courant dans les réseaux de distribution d'électricité. Leur capacité à fonctionner dans les milieux industriels agressifs constitue leur principal avantage.

### II.4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons regroupé quelques Le circuit est composé principalement les Phasemètre. Comme Phasemètre analogique, phasemètre numérique, montrant phasemètre a ou exclusif, phasemètre à bascule Rs, phasemètre a ou exclusif, phasemètre à flip flop et phasemètres électrodynamiques





*Chapitre III:*  
*Résultats Et Interprétations*

### III.1. Introduction:

Dans cette partie du chapitre, on simule d'un phasemètre affichage à LED et permet d'apprécier la phase entre deux signaux analogique et nous allons faire les simulation à l'aide du logiciel « ISIS »

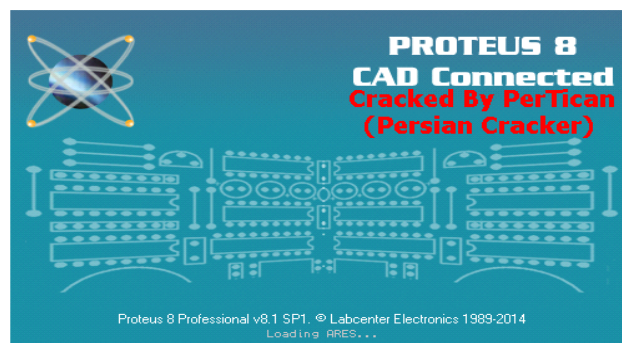
### III.2. Logiciel utilisée:

#### ➤ Proteus ISIS:

L'ISIS est un logiciel professionnel, utilisé dans l'électronique pour simuler des circuits et créer des typons. Il est également capable de simuler le fonctionnement du PIC avec tous les périphériques de la carte de commande.

L'utilisation du logiciel « ISIS » permet de mieux visualiser le bon déroulement du système ainsi que d'avoir une idée claire sur la partie matérielle et la conception des circuits imprimés.

nous permetons de limiter les essais réels.



*Figure III.1. Proteus*

### III.3. Les différents blocs:

Notre carte comme l'indique la figure ci-dessous est menué de plusieurs unités qui assurent le bon fonctionnement de système :

- ✓ Carte d'alimentation
- ✓ Carte principale
- ✓ Les éléments complémentaires .

### III.3.1 Carte d'alimentation:

#### ➤ Montage :

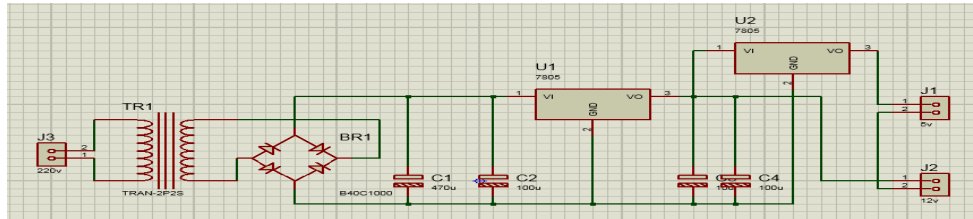


Figure III.2. Schéma structurelle de la carte d'alimentation ‘.DSN’

#### ➤ Fonctionnement:

La carte d'alimentation permet de fournir les niveaux de tensions stabilisées indispensables pour le bon fonctionnement des composants électroniques utilisés.

Le bloc d'alimentation de notre système génère deux tensions continues séparées: 5V et 12V.

Il est constitué de quatre étages électroniques suivants:

- **Transformation:** composé d'un transformateur abaisseur 220 /15V permettant de transformer les valeurs de tension et d'intensité du courant délivrées par une source d'énergie électrique alternative (220V), en un système de tension et de courant de valeurs différentes, mais de même fréquence et de même forme.
- **Redressement:** Un pont de diodes ou pont de Graetz est un assemblage de quatre diodes montées en pont qui redresse le courant alternatif en courant continu, c'est-à-dire ne circulant que dans un seul sens.
- **Filtrage:** Un condensateur de 1000µF est mis en parallèle avec le montage à alimenter qui réalise un filtrage pour rendre la tension redressée en une tension avec des petits escaliers, pour l'alimentation des blocs de régulation 12V et 5V.
- Les capacités C2 et C4 permettent de filtrer la tension d'entrée et d'améliorer le temps de réponse du deux régulateurs. Une autre capacité C3 filtre la sortie.
- **Régulation:** ce bloc est destiné à faire une alimentation fixe à l'aide d'un régulateur 7812 pour une tension de 12V et un autre régulateur 7805 pour une tension de 5V. Ces régulateurs peuvent accepter d'entrée une tension qui peut atteindre 35V et peut délivrer à sa sortie un

courant maximal de l'ordre de 1.5 A. [18]



Figure III.3. Régulateur de tension

➤ Routage du Carte:

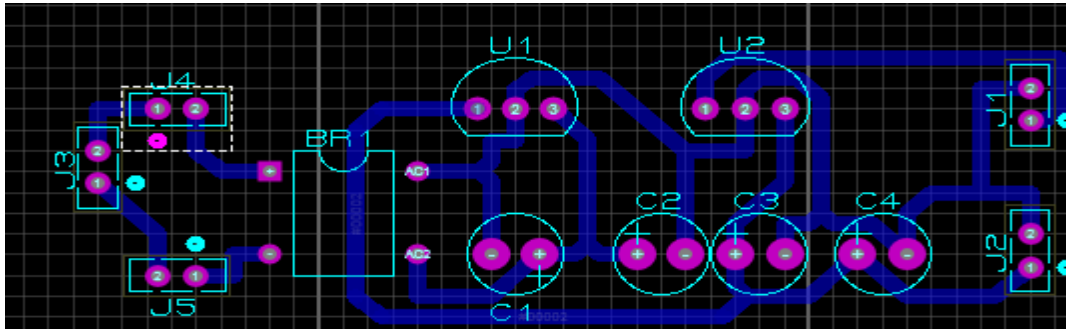


Figure III.4. Schéma structurelle de carte d'alimentation sur ARES

III.3.1.1. Circuit électrique de l'ensemble :

On peut schématiser le récepteur complet par le schéma suivant :

Le schéma est décomposé en deux parties pour plus de clarté : la partie supérieure représente le "mesureur de phase" à proprement parler, et la partie inférieure représente la section affichage à LED.

➤ Montage :

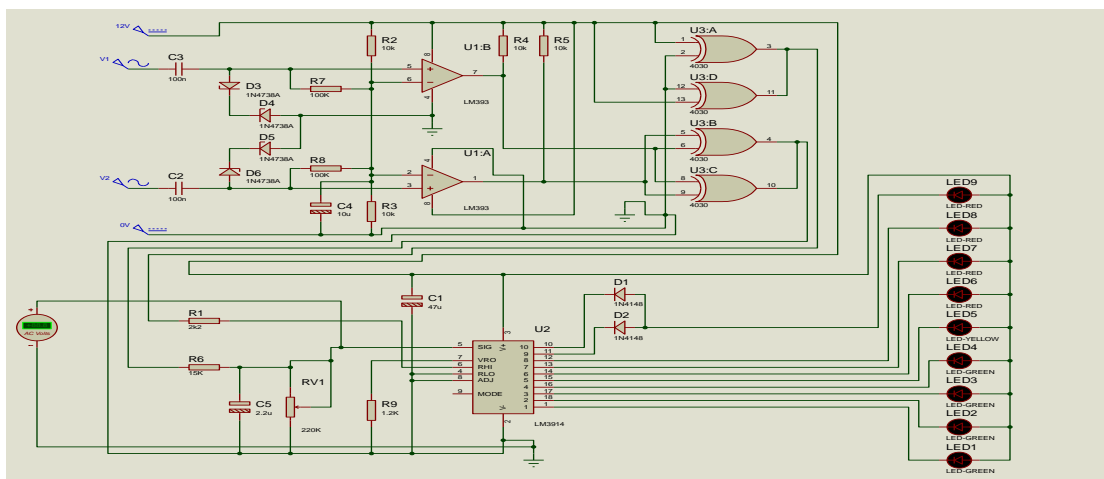


Figure III.5. Circuit Principale de la carte Principale ".DSN"

**III.3.1.2. La liste des composants :****➤ Circuit intégré : LM 3914.****• Résistances :**

- $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$
- $R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 10 \text{ k}\Omega$
- $R_6 = 15 \text{ k}\Omega$
- $R_7 = R_8 = 100 \text{ k}\Omega$
- $R_9 = 1.9 \text{ k}\Omega$
- 1 potentiomètre  $220 \text{ k}\Omega$

**• Condensateurs :**

- $C_1 = 47 \mu\text{F}$  polarisé
- $C_4 = 10 \mu\text{F}$  polarisé
- $C_5 = 2.2 \mu\text{F}$  polarisé
- $C_2 = C_3 = 100 \text{ nF}$

**• Commutateur 2 positions****• Diodes :**

- 2 diodes 1N4148
- 4 diodes 1N4738A

**• LED :**

- 4 LED-RED
- LED-YELLOW
- 4 LED-GREEN

➤ 4 Quad XOR Gate:

• Connexions:

- Borner LED1 est connecté avec output 1.
- Borner LED2 est connecté avec output 18.
- Borner LED3 est connecté avec output 17.
- Borner LED4 est connecté avec output 16.
- Borner LED5 est connecté avec output 15.
- Borner LED6 est connecté avec output 14.
- Borner LED7 est connecté avec output 13.
- Borner LED8 est connecté avec output 12.
- Borner LED9 est connecté avec output 11 et 10.

Une expérience représentant le réglage de l'éclairement d'une LED en ajustant la valeur des angles entre les deux phases, comme cette expérience le démontre :

**Exemple1:** pour  $\theta_1 = 20$  rad Nous remarquons la lueur la LED numéro à LED1

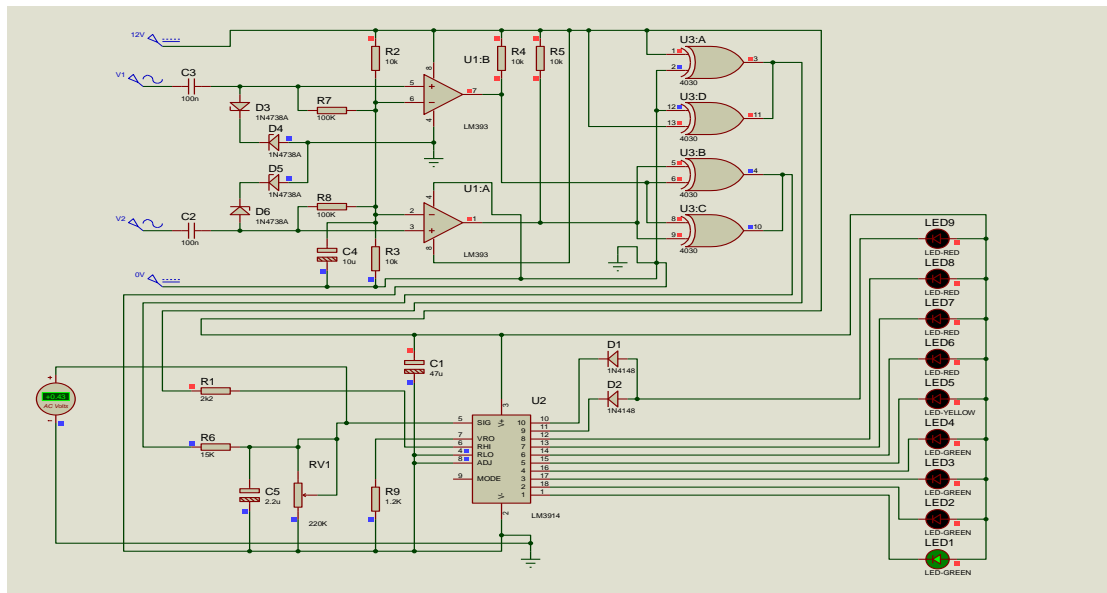


Figure III.6.Circuit Principaie de lumiere\_LED 1

**Exemple 2:** pour:  $\theta_2 = 80$  rad Nous remarquons la lueur la LED numéroté à LED4

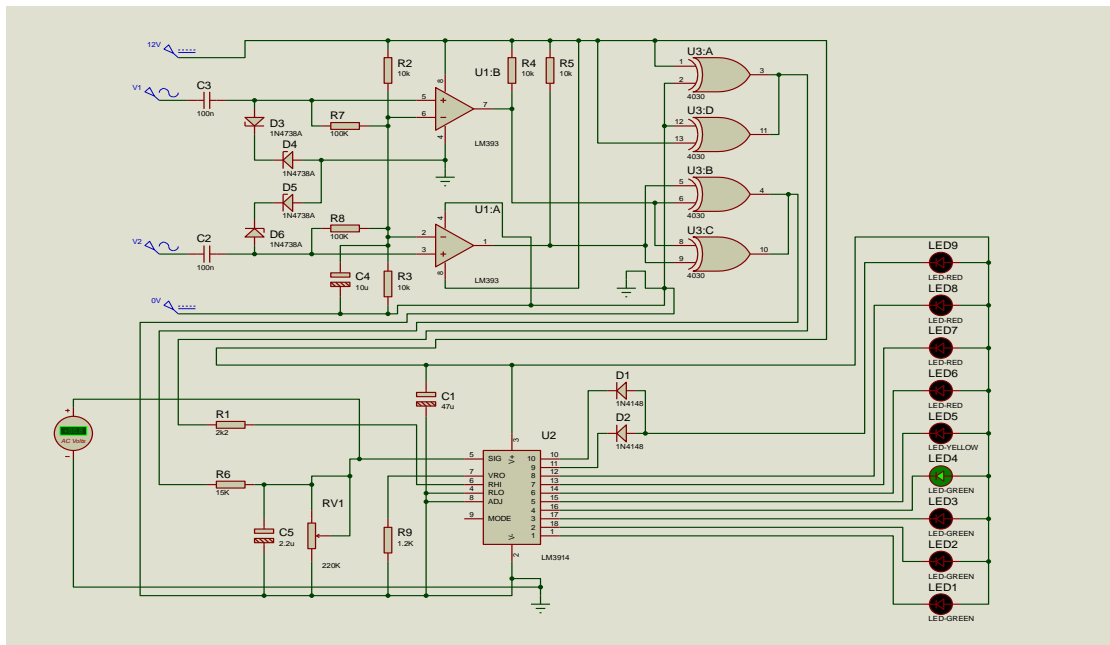


Figure III.7. Circuit Principale de lumière\_LED 4

**Exemple 3:** pour:  $\theta_3 = 60$  rad Nous remarquons la lueur la LED numéroté à LED3

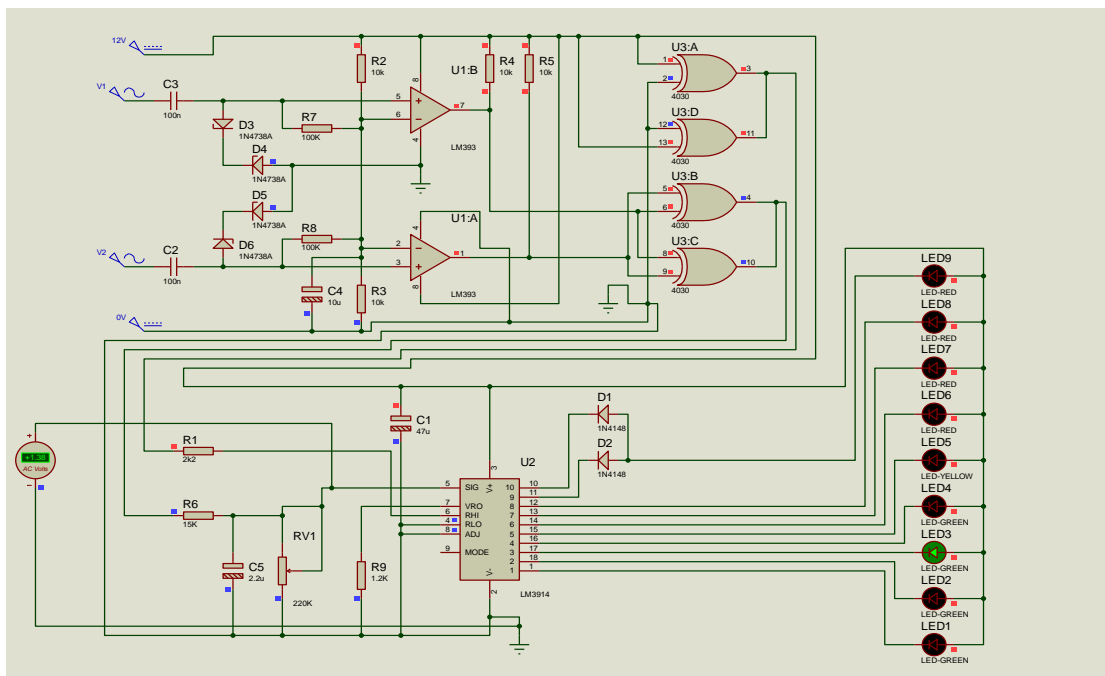


Figure III.8. Circuit Principale de lumière\_LED 3

**Exemple4:** pour:  $\theta= 160$  rad Nous remarquons la lueur la LED numéro à LED9.

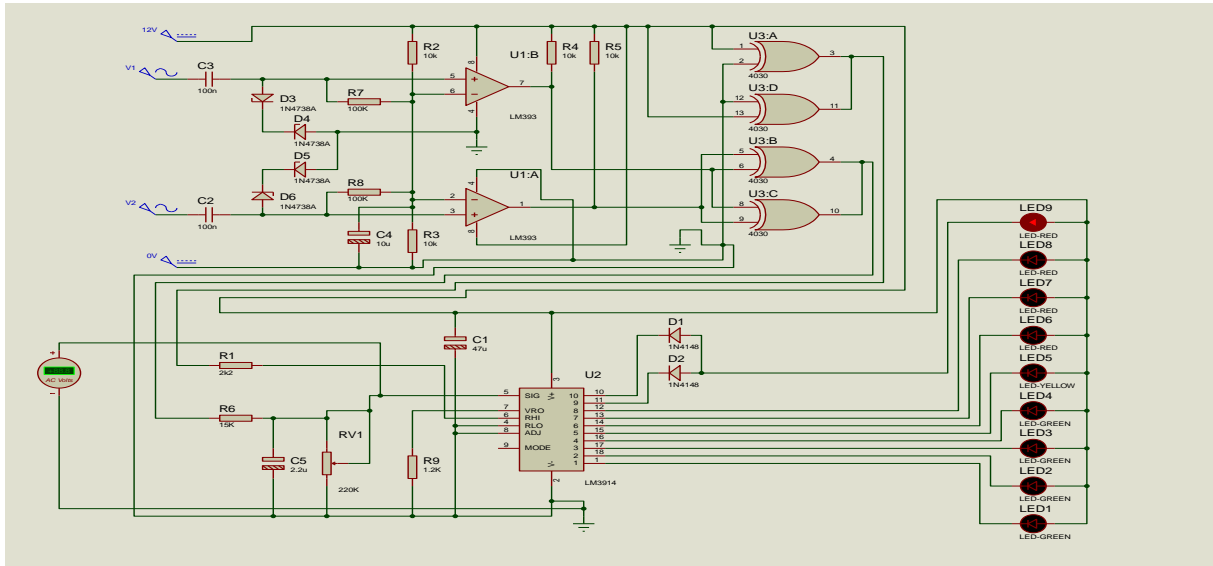


Figure III.9.Circuit Principale de lumiere\_LED 9

Après les tests effectués sur d'une phasemètre, Le tableau II.1 représentant les changements d'angle entre deux phases et l'affichage à LED .

Tableau III.1 : représentant les changements d'angle entre deux phases et l'affichage à LED

LED	LED1	LED2	LED3	LED4	LED5	LED6	LED7	LED8	LED9
Déphasage $\theta$									
$\theta$ (rad)	20	40	60	80	90	100	120	140	160

### III.4. Circuit imprimé de carte principale sur ARES:

Dans les figures(III.12). On peut voir les schémas de la carte électronique coté cuivre et coté composants, réalisée par le logiciel de simulation PROTEUSE,

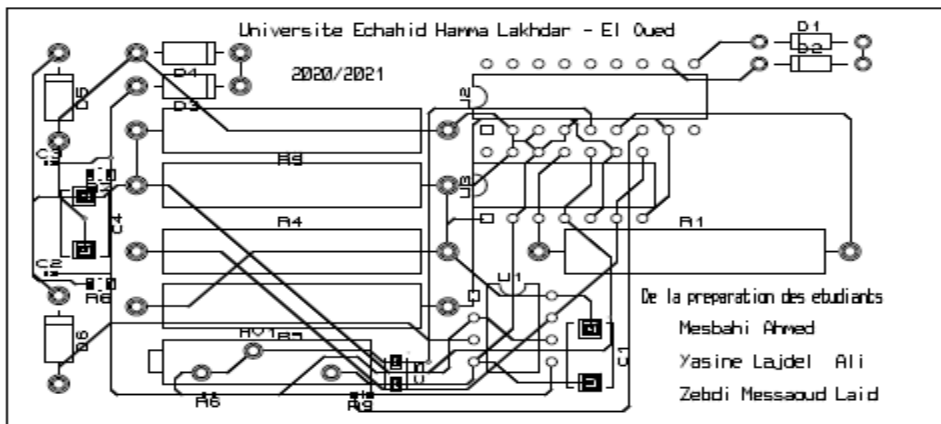
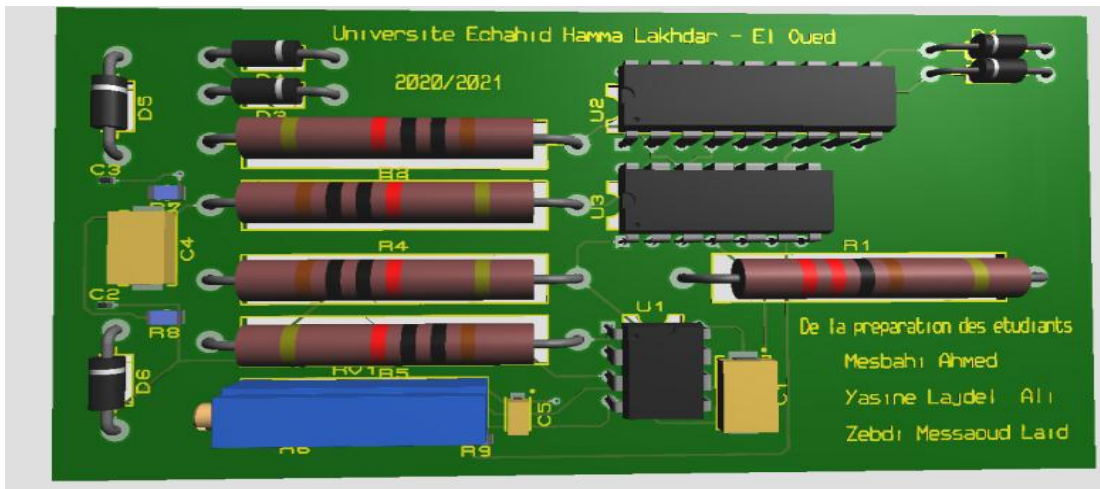


Figure III.10. Circuit imprimé de carte principale sur ARES



## ➤ Simulation de peinture flexible et affichage 3D



*Figure III.11. Circuit imprimé en 3D*

### III.5. Conclusion :

Cette partie a donné lieu à la simulation d'une carte électronique d'une phasemètre affichage à LED et permet d'apprécier la phase entre deux signaux analogique On a pris une approche professionnel dans la simulation de ce projet, en suivant les La Conception à l'aide logiciel ISIS- PROTUSE.

A decorative banner featuring a central white rectangle with a gold border. The background of the banner is a light gray marble pattern with several dark green leaves scattered around the central text. The text is written in a black, italicized serif font.

# *Conclusion générale*

## **Conclusion générale**

Comme dans beaucoup d'autres domaines, les méthodes numériques sont de plus en plus utilisées pour la mesure de déphasage entre les signaux électriques. Les progrès réalisés dans la conception et la fabrication des composants électroniques servant à l'échantillonnage et à la numérisation de ces signaux permettent à ces méthodes d'atteindre des niveaux d'incertitude difficilement atteignables par les moyens classiques. La baisse constante des prix de ces composants rend dans le même temps les techniques numériques abordables à un nombre d'utilisateurs toujours croissant.

Cependant, selon le niveau d'incertitude recherché, des méthodes plus anciennes, comme celles mettant en œuvre un oscilloscope, restent parfaitement utilisables dans de nombreuses applications de par leur simplicité et la disponibilité du matériel dans les laboratoires.

L'objet de notre travail l'étude et simulation sur Les circuits électrique d'un phasemètre affichage à LED.

Dans l'ensemble, ce projet nous a permis d'apprendre mieux l'électronique et les composants optoélectroniques et nous a permis d'enrichir et approfondir nos connaissances en domaine électrique et en particulier le côté de simulation et pratique.

A decorative banner featuring a central white rectangular box with a thin gold border. The box contains the word "Bibliographie" in a black, elegant script font. The banner is set against a background of a white and grey marble pattern, overlaid with several realistic-looking green leaves of various shapes and sizes. Some faint, semi-transparent "pngtree" watermarks are visible on the background.

# *Bibliographie*

## Bibliographie

- [1] BULLETIN DE L'UNION DES PHYSICIENS, Vous avez dit : «phasemètre»  
par Bruno VELAY Lycée Rodin, 75000 Paris .N° 742 page 409.
- [2] Se rappeler la contribution négative du paramètre  $x$ , dans l'[équation de propagation de l'onde](#).
- [3] [https://coursexamens.org/images/Etudes\\_superieures/Ingeniorat\\_electricite/3\\_annee/Mesures\\_electriques\\_et\\_physiques/Cours\\_tunisie/9\\_Mesures-chronometriques.pdf](https://coursexamens.org/images/Etudes_superieures/Ingeniorat_electricite/3_annee/Mesures_electriques_et_physiques/Cours_tunisie/9_Mesures-chronometriques.pdf)
- [4] <http://cours-examens.org/images/An-2018/Etudes-superieures/Mesures/chapitre-1-notions-bases-metrologie.pdf>
- [5] <https://www.unIII-chlef.dz/ft/wp-content/uploads/2020/04/Polycopie-BENICHOU-Boucif-ELN.pdf>
- [6] Etude Analogique De L'asservissement D'un Modulateur De ReactIIIitepar Centre D'etudes Nucleaires De Cadarachedepartement D'electronique Generalesection D'electronique Et D'instrumentation, - Note Cea-N-1074 -.
- [7] Travaux Pratiques Mesures Electriques, ISET de Kélibia . TP n rad 4 ,mesure des caractéristiques des signaux alternatifs.
- [8] <https://www.cotel.fr/produits/ph-2-n-2/>
- [9] <https://fr.scribd.com/doc/24267078/Rapport-de-Projet-Aboulkhair-1>
- [10] Manneville / Esquieu Électronique BTS Dunod  
a - tome 2 p. 31, 74 PLL.  
b - tome 1 p. 37 fonction de transfert, courbes de Bode.  
c - tome 2 p.9, 38, 104 réaction positive.
- [11] Lumbroso problèmes résolus d'électronique Dunod Ch. 2. B.U.P. n rad 688  
supplément Bac de technicien  
a - bac F2 p. 23.

- b - bac F2 p. 13.
- [12] Horowitz/Hill Art of Electronics Cambridge University Press (2d édition).
- a - Ch. 1 RC.
- b - Ch. 5 oscillateurs. c - Ch. 9 PLL.
- d - Ch. 9 détecteurs de phase.
- [13] Tran Tien Lang électronique des systèmes de mesures (1ère édition) Masson p. 121.
- [14] Revue : Le haut parleur n° 1777 juin 90 p. 107 phasemètre à porte «ou exclusif».
- [15] Physique appliquée TF2 Nathan
- a- Ch. 11 p. 202 réaction.
- b- Ch. 4 p. 85 multiplieur.
- c- Ch. 2 p. 40 ligne à retard.
- d- Ch. 5 p. 102 bascule RS.
- [16] Ph. JULIARD, J.-M. MILLET Principe et réalisation d'un phasemètre. B.U.P. n rad 742, ci-après.
- [17] G. LAVERTU Phasemètre pour travaux pratiques. B.U.P. n rad 742, ci-après.
- [18] Cours d'instrumentation, Module U.V - GE211, propose par : MECHERGUI . H, département des sciences physique et techniques. [9] Institut supérieur de l'éducation et de formation, Université de Tunis 1.
- [19] <https://www.technologuepro.com/mesures-electriques-11/tp2-utilisation-de-oscilloscope.pdf>.
- [20] [https://zes-è çà\)=nc%C3%A9-2](https://zes-è çà)=nc%C3%A9-2).

A decorative banner featuring a central white rectangular box with a thin gold border. The box contains the word "Annexes" in a black, elegant cursive font. The background of the banner is a light-colored, marbled pattern with several overlapping, semi-transparent images of green and grey leaves scattered around the central box.

# *Annexes*

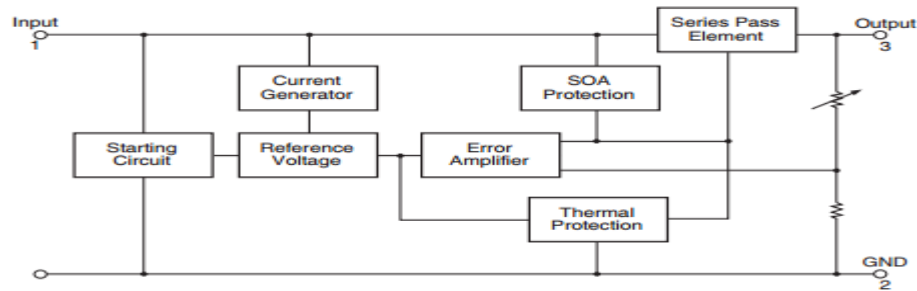
➤ **Annexe 01:****Block Diagram**

Figure 1.

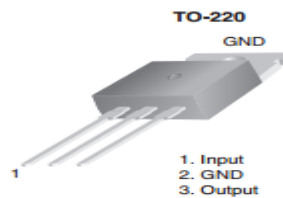
**Pin Assignment**

Figure 2.

➤ **Annexe 02:**

www.vishay.com

**1N4728A to 1N4764A**

Vishay Semiconductors

**Zener Diodes****FEATURES**

- Silicon planar power Zener diodes
- For use in stabilizing and clipping circuits with high power rating
- Standard Zener voltage tolerance is  $\pm 5\%$
- AEC-Q101 qualified
- Material categorization:  
for definitions of compliance please see [www.vishay.com/doc?99912](http://www.vishay.com/doc?99912)


**RoHS**  
 COMPLIANT  
 HALOGEN  
**FREE**
**DESIGN SUPPORT TOOLS AVAILABLE**

3D Models

**APPLICATIONS**

- Voltage stabilization

PRIMARY CHARACTERISTICS		
PARAMETER	VALUE	UNIT
$V_Z$ range nom.	3.3 to 100	V
Test current $I_{ZT}$	2.5 to 76	mA
$V_Z$ specification	Thermal equilibrium	
Circuit configuration	Single	

ORDERING INFORMATION			
DEVICE NAME	ORDERING CODE	TAPED UNITS PER REEL	MINIMUM ORDER QUANTITY
1N4728A to 1N4764A	1N4728A to 1N4764A -series-TR	5000 per 13" reel	25 000/box
1N4728A to 1N4764A	1N4728A to 1N4764A-series-TAP	5000 per ammpack (52 mm tape)	25 000/box



➤ **Annexe 03:****1N4148 / 1N4448****FAST SWITCHING DIODE**

Please click here to visit our online spice models database.

**Features**

- Fast Switching Speed
- General Purpose Rectification
- Silicon Epitaxial Planar Construction
- **Lead Free Finish, RoHS Compliant (Note 2)**

**Mechanical Data**

- Case: DO-35
- Case Material: Glass
- Moisture Sensitivity: Level 1 per J-STD-020D
- Leads: Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Terminals: Finish — Sn96.5Ag3.5. Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Cathode Band
- Marking: Type Number
- Ordering Information: See Page 2
- Weight: 0.13 grams (approximate)

**Maximum Ratings** @ $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	1N4148	1N4448	Unit
Non-Repetitive Peak Reverse Voltage	$V_{RM}$		100	V
Peak Repetitive Reverse Voltage	$V_{RRM}$			V
Working Peak Reverse Voltage	$V_{RWM}$		75	V
DC Blocking Voltage	$V_R$			V
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$		53	V
Forward Continuous Current (Note 1)	$I_{FM}$	300	500	mA
Average Rectified Output Current (Note 1)	$I_O$		150	mA
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current	$I_{FSM}$			A
	@ $t = 1.0\text{s}$		1.0	
	@ $t = 1.0\mu\text{s}$		2.0	

**Thermal Characteristics**

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Power Dissipation (Note 1)	$P_D$	500	mW
Derate Above $25^\circ\text{C}$		1.68	mW/ $^\circ\text{C}$
Thermal Resistance, Junction to Ambient Air (Note 1)	$R_{\theta JA}$	300	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Operating and Storage Temperature Range	$T_J, T_{STG}$	-65 to +175	$^\circ\text{C}$

➤ **Annexe 04:****ELECTRICAL CHARACTERISTICS** <sup>(1)(2)</sup>

Parameter	Conditions <sup>(1)</sup>	Min	Typ	Max	Units
<b>COMPARATOR</b>					
Offset Voltage, Buffer and First Comparator	$0\text{V} \leq V_{RLO} = V_{RHI} \leq 12\text{V}$ , $I_{LED} = 1\text{mA}$		3	10	mV
Offset Voltage, Buffer and Any Other Comparator	$0\text{V} \leq V_{RLO} = V_{RHI} \leq 12\text{V}$ , $I_{LED} = 1\text{mA}$		3	15	mV
Gain ( $\Delta I_{LED}/\Delta V_{IN}$ )	$I_{L(REF)} = 2\text{mA}$ , $I_{LED} = 10\text{mA}$	3	8		mA/mV
Input Bias Current (at Pin 5)	$0\text{V} \leq V_{IN} \leq V^+ - 1.5\text{V}$		25	100	nA
Input Signal Overvoltage	No Change in Display	-35		35	V
<b>VOLTAGE-DIVIDER</b>					
Divider Resistance	Total, Pin 6 to 4	8	12	17	k $\Omega$
Accuracy	<sup>(3)</sup>		0.5	2	%

(1) Unless otherwise stated, all specifications apply with the following conditions:

$$3 V_{DC} \leq V^+ \leq 20 V_{DC} \quad V_{REF}, V_{RHI}, V_{RLO} \leq (V^+ - 1.5\text{V})$$

$$3 V_{DC} \leq V_{LED} \leq V^+ \quad 0\text{V} \leq V_{IN} \leq V^+ - 1.5\text{V}$$

$$-0.015\text{V} \leq V_{RLO} \leq 12 V_{DC} \quad T_A = +25^\circ\text{C}, I_{L(REF)} = 0.2\text{mA}, V_{LED} = 3.0\text{V}, \text{pin 9 connected to pin 3 (Bar Mode)}$$

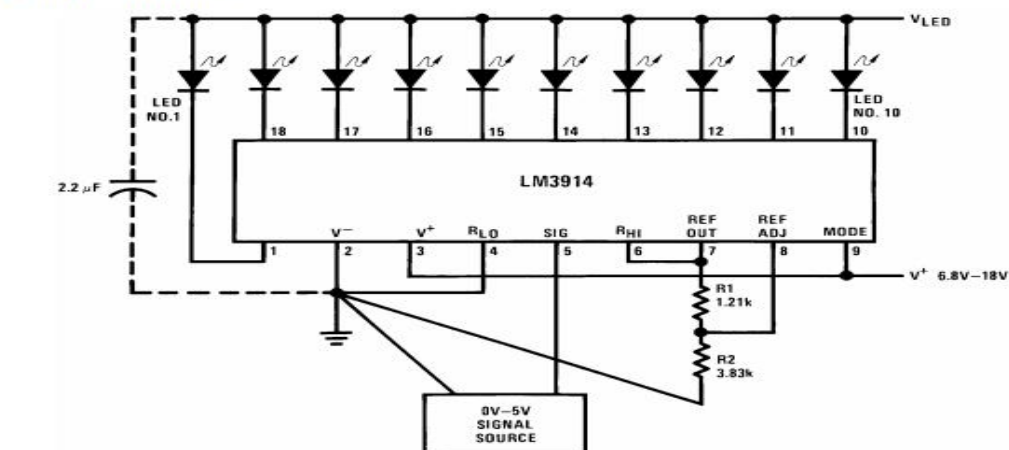
$$-0.015\text{V} \leq V_{RHI} \leq 12 V_{DC} \quad \text{For higher power dissipations, pulse testing is used.}$$

(2) Pin 5 input current must be limited to  $\pm 3\text{mA}$ . The addition of a 39k resistor in series with pin 5 allows  $\pm 100\text{V}$  signals without damage.

(3) Accuracy is measured referred to  $+10.000 V_{DC}$  at pin 6, with  $0.000 V_{DC}$  at pin 4. At lower full-scale voltages, buffer and comparator offset voltage may add significant error.

## ➤ Annexe 05:

## TYPICAL APPLICATIONS



$$\text{Ref Out } V = 1.25 \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$I_{LED} \approx \frac{12.5}{R_1}$$

**Note:** Grounding method is typical of *all* uses. The 2.2μF tantalum or 10 μF aluminum electrolytic capacitor is needed if leads to the LED supply are 6" or longer.

Figure 1. 0V to 5V Bar Graph Meter

## ➤ Annexe 06:

www.ti.com

SNVS761B – JANUARY 2000 – REVISED MARCH 2013



These devices have limited built-in ESD protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS<sup>(1)(2)</sup>

Power Dissipation <sup>(3)</sup> PDIP (NFK)	1365 mW
Supply Voltage	25V
Voltage on Output Drivers	25V
Input Signal Overvoltage <sup>(4)</sup>	±35V
Divider Voltage	-100 mV to V <sup>+</sup>
Reference Load Current	10 mA
Storage Temperature Range	-55°C to +150°C
Soldering Information PDIP Package Soldering (10 seconds)	260°C
PLCC Package Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

See <http://www.ti.com> for other methods of soldering surface mount devices.

- (1) Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not ensure specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which ensure specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not specified for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.
- (2) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the Texas Instruments Sales Office/Distributors for availability and specifications.
- (3) The maximum junction temperature of the LM3914 is 100°C. Devices must be derated for operation at elevated temperatures. Junction to ambient thermal resistance is 55°C/W for the PDIP (NFK package).
- (4) Pin 5 input current must be limited to ±3mA. The addition of a 39k resistor in series with pin 5 allows ±100V signals without damage.

➤ **Annexe 07:****Electrical Characteristics (LM7805)**

Refer to the test circuits.  $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$ ,  $I_O = 500\text{mA}$ ,  $V_I = 10\text{V}$ ,  $C_I = 0.1\mu\text{F}$ , unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
$V_O$	Output Voltage	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	4.8	5.0	5.2	V	
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$ , $P_O \leq 15\text{W}$ , $V_I = 7\text{V to } 20\text{V}$	4.75	5.0	5.25		
Regline	Line Regulation <sup>(1)</sup>	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_O = 7\text{V to } 25\text{V}$	–	4.0	100	mV
			$V_I = 8\text{V to } 12\text{V}$	–	1.6	50.0	
Regload	Load Regulation <sup>(1)</sup>	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	–	9.0	100	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	4.0	50.0	
$I_Q$	Quiescent Current	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.0	8.0	mA	
$\Delta I_Q$	Quiescent Current Change	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$	–	0.03	0.5	mA	
		$V_I = 7\text{V to } 25\text{V}$	–	0.3	1.3		
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift <sup>(2)</sup>	$I_O = 5\text{mA}$	–	-0.8	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
$V_N$	Output Noise Voltage	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$ , $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	42.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
RR	Ripple Rejection <sup>(2)</sup>	$f = 120\text{Hz}$ , $V_O = 8\text{V to } 18\text{V}$	62.0	73.0	–	dB	
$V_{\text{DROP}}$	Dropout Voltage	$I_O = 1\text{A}$ , $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
$r_O$	Output Resistance <sup>(2)</sup>	$f = 1\text{kHz}$	–	15.0	–	m $\Omega$	
$I_{\text{SC}}$	Short Circuit Current	$V_I = 35\text{V}$ , $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	230	–	mA	
$I_{\text{PK}}$	Peak Current <sup>(2)</sup>	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

**Notes:**

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in  $V_O$  due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.
2. These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

➤ **Annexe 08:****Absolute Maximum Ratings**

Absolute maximum ratings are those values beyond which damage to the device may occur. The datasheet specifications should be met, without exception, to ensure that the system design is reliable over its power supply, temperature, and output/input loading variables. Fairchild does not recommend operation outside datasheet specifications.

Symbol	Parameter	Value	Unit	
$V_I$	Input Voltage	$V_O = 5\text{V to } 18\text{V}$	35	V
		$V_O = 24\text{V}$	40	V
$R_{\theta\text{JC}}$	Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	5	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$	
$R_{\theta\text{JA}}$	Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	65	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$	
$T_{\text{OPR}}$	Operating Temperature Range	LM78xx	-40 to +125	$^{\circ}\text{C}$
		LM78xxA	0 to +125	
$T_{\text{STG}}$	Storage Temperature Range	-65 to +150	$^{\circ}\text{C}$	

## Résumé:

Ce mémoire présente les méthodes les plus couramment utilisées pour la mesure de déphasage entre signaux électriques. Les méthodes classiques y sont décrites, notamment celles basées sur l'utilisation d'un oscilloscope, puis une large place est consacrée aux méthodes, apparues plus récemment, mettant en œuvre des techniques numériques. La mesure de déphasage entre signaux noyés dans le bruit y est également abordée.

L'objet de notre travail l'étude et simulation sur Les circuits électrique d'un phasemètre affichage à LED

**Les mots clés :** phasemètre ; LED ; déphasage ; simulation ; ISIS ; numériques

## Abstract:

This thesis presents the most commonly used methods for measuring the phase shift between electrical signals. The traditional methods are described there, in particular those based on the use of an oscilloscope, then a large place is devoted to the methods, appeared more recently, implementing digital techniques. The phase shift measurement between signals embedded in noise is also discussed.

The object of our work is the study and simulation of the electrical circuits of an LED display phasemeter

**Keywords:** phasemeter; LED; phase shift; simulation ; ISIS; digital

## ملخص:

تقدم هذه الأطروحة الطرق الأكثر استخدامًا لقياس انزياح الطور بين الإشارات الكهربائية. يتم وصف الطرق التقليدية هناك ، ولا سيما تلك القائمة على استخدام الذبذبات ، ثم يتم تخصيص مكان كبير للطرق ، ظهر مؤخرًا ، تنفيذ التقنيات الرقمية. كما تمت مناقشة قياس انزياح الطور بين الإشارات المضمنة في الضوضاء.

الهدف من عملنا هو دراسة ومحاكاة الدوائر الكهربائية لجهاز قياس الطور بشاشة ثنائي باعث الضوء.

الكلمات الرئيسية: مقياس الطور. اضاءة منخفضة ؛ مرحلة التحول؛ محاكاة ؛ معالج؛ رقمي.