

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOULOD MAMMARI, TIZI-OUZOU**



**FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE  
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE**

**Mémoire de fin d'études  
Présenté en vue de l'obtention  
du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Electronique**

**Option : instrumentation**

***Thème:***

***Mesure de paramètres de compensation du facteur de puissance à base d'un microcontrôleur 18F458***

**Proposé et dirigé par**

M<sup>R</sup> SAADANE Nassim

M<sup>R</sup>. LEGHROUCHE Mourad

**Présenté par :**

M<sup>ELLE</sup> ATTIK Kahina

M<sup>ELLE</sup> AMEDAH Nora

**Année universitaire 2008/2009**

**Soutenu le : 08/07/2009**

# **Sommaire**

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
-----------------------------------	----------

## **CHAPITRE I : Notions générales sur la compensation**

<b>1 . Notions générales .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.Généralités.....</b>	<b>3</b>
<b>Définitions.....</b>	<b>3</b>
<b>A. Composante active, réactive et apparente du courant.....</b>	<b>3</b>
<b>B. Composantes actives, réactives et apparente de la puissance.....</b>	<b>3</b>
<b>I.1.Facteur de puissance.....</b>	<b>5</b>
<b>A. Définition et importance du facteur de puissance.....</b>	<b>5</b>
<b>B. Les avantages et les inconvénients.....</b>	<b>7</b>
<b>1.Avantages d'un bon facteur de puissance.....</b>	<b>7</b>
<b>2.Inconvénients d'un mauvais facteur de puissance.....</b>	<b>8</b>
<b>2.A. Point de vue du distributeur .....</b>	<b>8</b>
<b>2.B. Point de vue du client.....</b>	<b>9</b>
<b>C. Amélioration du facteur de puissance .....</b>	<b>9</b>
<b>I.3.Compensation de l'énergie réactive .....</b>	<b>9</b>
<b>I.4.Définition et intérêt de la compensation du facteur de puissance .....</b>	<b>10</b>
<b>I.5.Principe de compensation .....</b>	<b>10</b>
<b>I.6.Modes de compensation .....</b>	<b>11</b>
<b>A. Compensation globale .....</b>	<b>11</b>
<b>B. Compensation partielle ou par secteur .....</b>	<b>12</b>
<b>C. Compensation individuelle.....</b>	<b>13</b>
<b>I.7.Dispositifs de compensation .....</b>	<b>13</b>
<b>A. Compensateurs fournissant un réactif constant .....</b>	<b>14</b>
<b>B. Compensateurs rapides (compensateurs fournissant un réactif variable).....</b>	<b>14</b>
<b>I.8 Avantages de la compensation .....</b>	<b>14</b>
<b>A. Avantages techniques .....</b>	<b>14</b>
<b>B. Avantages économiques .....</b>	<b>14</b>
<b>I.9.La compensation par batteries de condensateurs .....</b>	<b>15</b>
<b>A. Constitutions .....</b>	<b>15</b>
<b>B. Choix d'une batterie de condensateur .....</b>	<b>15</b>
<b>B.1. Les batteries de condensateurs de type fixe .....</b>	<b>16</b>

<b>B.2. Les batteries de condensateurs de type automatique .....</b>	<b>16</b>
<b>C. Intérêt de la compensation automatique .....</b>	<b>16</b>
<b>D. Calcul de la capacité de condensateurs à installer .....</b>	<b>17</b>
<b>D.1. Montage étoile .....</b>	<b>17</b>
<b>D.2. Montage triangle .....</b>	<b>18</b>
<b>E. Choix du montage des condensateurs .....</b>	<b>19</b>

## **CHAPITRE II Présentation de la raffinerie de sucre de CEVITAL**

<b>II.1. Présentation du complexe CEVITAL .....</b>	<b>21</b>
<b>A. Historique.....</b>	<b>21</b>
<b>B. Site d'installation .....</b>	<b>21</b>
<b>C. Situation géographique .....</b>	<b>21</b>
<b>D. Activité et unité de CEVITAL .....</b>	<b>22</b>
<b>II.2. Etude de l'alimentation de la NRFS par la moyenne tension (MT) .....</b>	<b>22</b>
<b>II.3. Les différents éléments constituant le réseau de la ligne moyenne tension (MT)...</b>	<b>23</b>
<b>A. Poste 60KVA .....</b>	<b>24</b>
<b>B. Les transformateurs .....</b>	<b>24</b>
<b>C. Jeu de barre .....</b>	<b>25</b>
<b>D. TGBT (tableau général basse tension) .....</b>	<b>25</b>
<b>II.4. Les différents éléments constituant le compensateur .....</b>	<b>26</b>
<b>A. Batterie de condensateurs .....</b>	<b>27</b>
<b>B. Contacteurs et relais thermiques .....</b>	<b>27</b>
<b>C. Les fusibles .....</b>	<b>27</b>
<b>D. Les différents capteurs .....</b>	<b>27</b>
<b>E. Le jeu de barres .....</b>	<b>27</b>

## **CHAPITRE III Conception matérielle**

<b>III.1. Schéma synoptique .....</b>	<b>28</b>
<b>III.2 Description des différents éléments du système .....</b>	<b>29</b>
<b>2.1. Capteur d'intensité .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2. Le Capteur de tension.....</b>	<b>31</b>
<b>2.3. Filtre passe-bas .....</b>	<b>31</b>

2.4. Comparateur .....	32
2.5. Capteur de température .....	33
A. Introduction .....	33
B. Le circuit de conditionnement .....	33
C. L'Etalonnage de la sonde (pt100) .....	35
2.6 description du microcontrôleur18F458.....	37
A. L'architecture interne du pic .....	37
2.7 Description de la Carte de clavier (boutons poussoirs) .....	40
III.2.8 Afficheur.....	41
1. Afficheur à cristaux liquide (LCD) .....	41
1.A. Les familles des afficheurs LCD .....	42
1.B. Architecture fonctionnelle d'un afficheur à accès parallèle .....	42
1.C. Description de différentes broches .....	43
1.D. Paramétrage de l'afficheur .....	44
III.2.9 Alimentation.....	46

## CHAPITRE IV Programmation et réalisation

IV. 1 Les organigrammes .....	48
IV.1.1 Déclaration des variables .....	48
IV.2.Ecriture et transfert du programme dans le PIC.....	66
IV.2.1. Utilisation du logiciel CCS .....	66
IV.2.2 IC Prog.....	70
IV.3. Réalisation pratique .....	71
IV.3.1.Circuit imprimé de la carte de commande.....	71
IV-3-1-1- L'insolation .....	73
IV-3-1-2- La gravure .....	73
IV-3-1-3- Le perçage .....	73
IV.3.2.Implantation des composantes de la carte de commande .....	74
CONCLUSION GENERALE.....	76



# Introduction Générale

Aujourd'hui, la situation au niveau des réseaux alternatifs basse et moyenne tension est devenue très préoccupante. La qualité du courant électrique dans les installations commerciales et industrielles se dégrade incontestablement.

Outre les perturbations extérieures telles que les coupures, les creux et les pointes provoquées par la commutation et par les phénomènes atmosphériques, il existe aussi des

causes intrinsèques et internes spécifiques à chaque site, dues à une utilisation conjuguée de charges linéaires et non linéaires.

L'un des problèmes internes spécifiques est le problème de la compensation et de la régulation du facteur de puissance  $\cos \varphi$  ou bien compensation de l'énergie réactive  $Q$ , cette dernière causant des pénalités imposées par le fournisseur d'électricité (SONELGAZ) lorsque elle va au-delà d'un certain seuil.

Plusieurs systèmes de compensation  $\cos \varphi$  ont été proposés et utilisés jusqu'à présent, la plupart d'entre eux font appel aux nouvelles technologies.

La plupart des réalisations électroniques dans les domaines de l'industrie font appel à des composants qui peuvent gérer n'importe quel automatisme. L'apparition des microcontrôleurs qui associent au microprocesseur de base un programme intégré au circuit, ainsi que des périphériques et de la RAM, a permis de faire évoluer les montages vers plus de simplicité et de rapidité. Les microcontrôleurs sont aujourd'hui une passerelle entre le monde de l'électronique et celui de l'informatique.

Notre objectif est d'étudier la compensation automatique du facteur de puissance de la raffinerie de sucre de CEVITAL. Nous devons mettre en évidence la nécessité de la compensation, les méthodes utilisables et choisir la plus adaptée. Pour la facilité, la fiabilité et la souplesse de fonctionnement il sera avantageux d'assurer la gestion par un microcontrôleur.

Notre travail est subdivisé en cinq chapitres :

Le premier chapitre fait objet d'introduction sur des notions générales du facteur de puissance, le principe, toutes les méthodes et les dispositifs de la compensation. L'alimentation de la raffinerie ainsi que la description du compensateur sont rassemblées dans le deuxième chapitre, tandis que le troisième est consacré à la conception matérielle du circuit. La conception logicielle fera l'objet du dernier chapitre.



# Chapitre I: Notions générales sur la compensation

## ***I. NOTIONS GENERALES :***

### ***I.1 Généralités:***

**A. Définitions :** Tout système électrique monophasé utilisant le courant alternatif met en jeu deux formes d'énergies :

➤ **Energie active :**

Exprimée en KILOWATTHEURE, elle résulte de la puissance active P (kW) utilisable après sa transformation par le récepteur sous forme d'énergie mécanique (travail) ou chaleur (perte).

➤ **Energie réactive :**

Exprimée en KILOVARHEURE, cette énergie est improductive, sert notamment à créer dans les bobinages des moteurs et transformateurs, un champ magnétique sans lequel le fonctionnement serait impossible. À cette énergie correspond la puissance réactive Q (kvar) des récepteurs.

➤ **Energie apparente :**

C'est la somme vectorielle des deux énergies précédentes. C'est l'énergie fournie par le réseau. Elle correspond à l'énergie apparente S(KVA) des récepteurs.

**B. Composante active, réactive et apparente du courant :**

➤ **Courant actif ( $I_a$ ) :**

Est en phase avec la tension du réseau, il correspond à la puissance active.

➤ **Courant réactif( $I_r$ ) :**

Appelé aussi courant magnétisant, est déphasé de  $90^\circ$  par rapport au courant actif. Soit en avant (récepteur capacitif) soit en arrière (récepteur réactif). Il est nécessaire à l'excitation magnétique des récepteurs (entretien du flux).

➤ **Courant apparent( $I_t$ ) :**

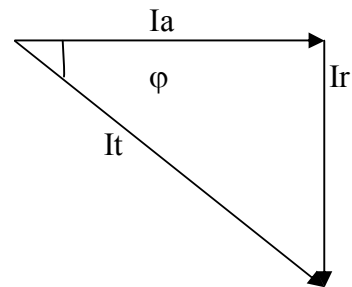
Est le courant résultant qui parcourt la ligne électrique depuis la source jusqu'au récepteur, et qui provoque entre autre l'échauffement de leurs conducteurs, donc les pertes d'énergie par effet joules. Ce courant est déphasé d'un angle phi par rapport au courant actif et à la tension.

Dans le cas d'un réseau parfait la fréquence industrielle (50hz), c'est-à-dire ne comportant pas d'harmoniques, les courants sont présentés par des composantes vectorielles comme indiqué sur la figure suivante :

Ia : courant actif

Ir : courant réactif

$$I_t = \sqrt{I_a^2 + I_r^2} \dots\dots\dots(1)$$



*Fig.I.1. La présentation de FRESNEL du courant.*

**C. Composante active, réactive et apparente de la puissance :**

Le diagramme précédent établi pour les courants est aussi valable pour les puissances, on définit aussi :

➤ **La puissance active :**

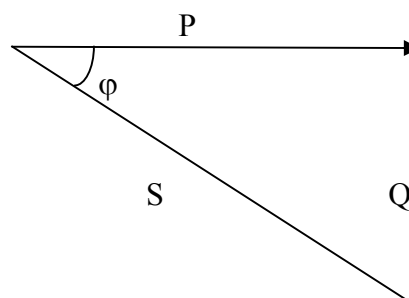
$P = UI \cos \varphi$  (en kW) réellement utilisable par les récepteurs.

➤ **La puissance réactive :**

$Q = UI \sin \varphi$  (k var) fournie pour l'excitation magnétique des récepteurs.

➤ **La puissance apparente :**

$S = UI$  (KVA) fournie par le réseau aux récepteurs, qui est la résultante vectorielle des deux puissances précédentes. On obtient le graphique ci-dessous similaire à celui des courants :



### **Fig1.2.Diagramme de FRESNELdes puissances**

Dans le cas de réseaux triphasés on a :

$$S= \sqrt{3} UI \dots\dots\dots (2)$$

$$P=\sqrt{3} UI \cos \varphi \dots\dots\dots (3)$$

$$Q=\sqrt{3} UI \sin \varphi \dots\dots\dots (4)$$

U, I sont respectivement la tension et courant de phase du système triphasé.

#### **I.2 Facteur de puissance:**

##### **A. Définition et importance du facteur de puissance :**

Le facteur de puissance est défini par le rapport :  $F = P/S =$  puissance active (KW) / puissance apparente (KVA).

Il exprime le rapport entre la puissance réellement utilisable pour des applications (mécaniques, thermiques) et la puissance fournie par le réseau. C'est-à-dire l'évaluation du rendement électrique de l'installation. il permet ainsi d'identifier facilement les appareils plus au moins consommateurs de l'énergie réactive.

Un facteur de puissance égal à 1 n'engendrera aucune consommation d'énergie réactive (résistance pure).

En revanche, un facteur de puissance inférieur à 1 conduira à une consommation d'énergie réactive d'autant plus grande qu'il se rapproche de zéro (inductance pure).

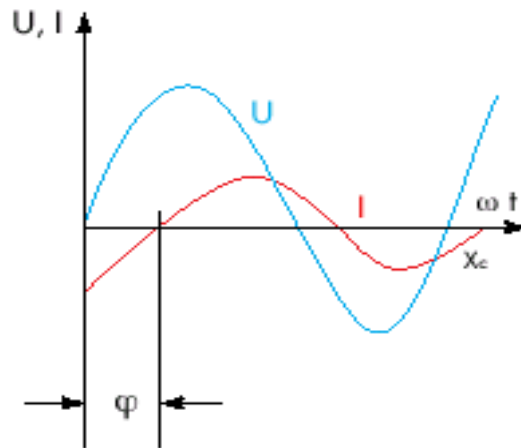
La circulation de cette énergie réactive sur le réseau de distribution entraîne de multiples inconvénients déplorables concernant son matériel de transport (câbles et transformateurs).facteur aggravant, elle est de plus facturée par le fournisseur sous forme de pénalités au-delà d'un certain seuil et cela est en plus de la facture imposée pour la consommation de l'énergie active.

On comprend dès lors l'intérêt du distributeur comme de l'utilisateur à avoir des installations fonctionnant avec un facteur de puissance le plus élevé possible, c'est-à-dire voisin de l'unité.

##### **➤ Facteur de puissance et $\cos \varphi$ :**

Dans le cas le plus fréquent où dans le réseau ne transite qu'un courant à fréquence industrielle (50hz) sans harmoniques, ce rapport est égal à  $\cos\varphi$  ( $\varphi$  déphasage entre le courant et la tension) de l'installation.  $F = P/S = \cos\varphi$ .

En présence d'harmonique, ceci n'est vrai que pour le fondamentale et l'on utilise la définition générale qui prend en compte globalement l'effet des harmoniques.



**Fig .I.3 :**  
**Déphasage entre**  
**intensité et tension**

**(angle  $\varphi$ )**

➤ **Facteur de puissance et  $\text{tg } \varphi$  :**

Il arrive que les fournisseurs d'électricité utilisent  $\text{Tg } \varphi$  au lieu de  $\cos\varphi$ , ce qui revient à calculer le rapport :

$$\text{Tg } \varphi = Q/P \dots \dots \dots (5)$$

Sur une période de temps donnée, ce rapport est aussi celui des consommations :

$$\text{Tg } \varphi = W_r / W_a = \text{Energie réactive consommée} / \text{Energie active consommée}.$$

A l'inverse du  $\cos\varphi$ , On s'aperçoit que la valeur de la  $\text{tg } \varphi$  doit être la plus petite possible afin d'avoir un minimum de consommation en énergie réactive.

➤ **Mesure pratique du facteur de puissance :**

Le facteur de puissance se mesure :

-Soit au  $\cos\varphi$  -mètre qui donne une mesure instantanée.

-Soit à l'enregistreur var-métrique (jour, semaine.....). Les valeurs d'intensité, de tension, et de facteur de puissance moyen pour la durée concernée.

## **B. Les avantages et les inconvénients :**

### **1. Avantages d'un bon facteur de puissance :(1)**

Un bon facteur de puissance par définition est un  $\cos \varphi$  élevé (proche de 1) ou  $\text{tg}\varphi$  faible (proche de 0).

Un bon facteur de puissance permet d'optimiser une installation électrique et apporte les avantages suivants :

- La suppression de la facturation d'énergie réactive.
- La diminution de la puissance souscrite en KVA
- La limitation des pertes d'énergie active dans le câble en égard à la diminution de l'intensité (I) véhiculée dans l'installation.
- Amélioration du niveau de tension en bout de ligne, précisant également une bonne marge de manœuvre au niveau des transformateurs de puissance dans le cas d'une compensation au secondaire.

### **2. Inconvénients d'un mauvais facteur de puissance :**

Un mauvais  $\cos \varphi$  entraîne :

- Une augmentation du montant de la facture voir une pénalité supplémentaire.
- Une surcharge ou surdimensionnement de l'installation : en effet la diminution du  $\cos \varphi$  occasionne l'augmentation systématique du courant transporté, or les facteurs limitant la puissance maximale produite sont d'une part la chute de tension, d'une autre part la température maximale admissible par l'isolant.
- Une dégradation des capacités de transport de l'énergie électrique par les câbles.
- Remodelage de l'installation ou modification.
- Absence de réserve de marche au secondaire du transformateur et cela car : que ce soit un générateur, une ligne et un appareil d'utilisation tous sont établis pour fonctionner sous une certaine tension  $U_{\text{eff}}$  avec un courant  $I_{\text{eff}}$  inférieur à un certain seuil fixé généralement à partir de considérations d'échauffement ou de chute de tension.

## **2.A Point de vue du distributeur :**

La circulation des puissances active et réactive entraîne des pertes actives et des chutes de tensions néfastes au maintien d'une bonne tension que doit assurer le distributeur à ses clients ainsi est-il donc plus judicieux sur le plan technique de la produire le plus près possible de l'endroit de sa consommation (bien entendu il s'agit là de la puissance réactive).

Et cela est universellement admis par le CEI (comité électrotechnique international).

La production se fait localement par l'intermédiaire des générateurs de puissance réactive tels les compensateurs synchrones ou les condensateurs par exemple.

Ce procédé est plus connu sous l'appellation de compensation de la puissance réactive.

Pour la puissance active, il est préférable de la produire de façon centralisée et de la distribuer ensuite aux clients.

Le coût du transport dans ce cas de figure est amorti et permet d'éviter le surcoût d'une production localisée (réalisée localement).

## **2.B Point de vue du client :**

Comme pour le distributeur, le transport de la puissance réactive sur le réseau intérieur du client entraîne un nombre considérable d'inconvénients (énoncés en annexe). Précisons néanmoins que la diminution du facteur de puissance influe sur la chute de tension du transformateur placé à l'entrée de l'installation de l'abonné et sur les canalisations ; en cas de puissance très faible, le client se voit astreint par la sonelgaz à relever son facteur de puissance conformément à la valeur seuil fixée à  $\cos \phi \geq 0.894$ , sans quoi il encourt une pénalité.

### **C. Amélioration du facteur de puissance :**

L'énergie réactive absorbée par les moteurs et transformateurs varie peu entre la marche à vide ou en charge. Tandis que l'énergie active est proportionnelle à la puissance fournie dans le fonctionnement à vide ou à faible charge. Ainsi pour remédier à ces contingences :

- Il faut éviter la marche à vide des moteurs (commande individuelle),
- Egalement éviter de devoir surdimensionner les moteurs et transformateurs.

Au-delà de ces deux points suscités nous ajoutons qu'il faut globalement réviser toute l'installation électrique portant sur :

- Le remplacement d'un moteur inutilement puissant par un autre moins puissant mais plus rentable cela dit, généralement de la marche en étoile pour les moteurs (généralement en triangle) lorsque ceux-ci fonctionnent à faible charge ;
- Enfin sur les transformateurs il faut réduire les marches à vide ou à faible charge ; également remplacer un appareil à pertes normales par un autre transformateur à pertes réduites.

Améliorer le facteur de puissance d'une installation électrique, c'est aussi la doter des moyens de pouvoir produire elle-même une part plus au moins importante de l'énergie réactive dont elle a besoin.

### ***1.3. COMPENSATION DE L'ENERGIE REACTIVE :***

Pour satisfaire à la demande de consommation active de la clientèle, il est évidemment nécessaire de disposer, à chaque instant, de la puissance active correspondante augmentée des pertes actives entraînées par son transport, de la source au point de livraison. Mais ceci n'est pas suffisant, il faut également disposer de puissance réactive en quantité suffisante, et aux emplacements appropriés, afin de pouvoir assurer le transport de la puissance demandée, dans des conditions satisfaisantes.

Dans ce chapitre nous allons parler de la compensation de l'énergie réactive des réseaux électriques après avoir défini la compensation, on passera par la suite aux principes de compensation, ses dispositifs et ses modes.

### ***1.4. Définition et intérêt de la compensation du facteur de puissance :***

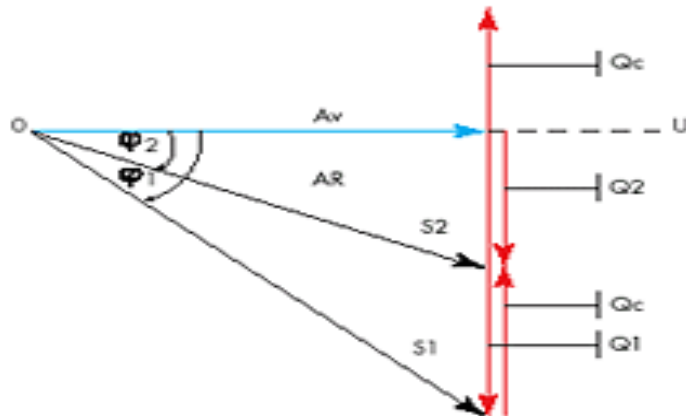
La circulation de l'énergie réactive dans les réseaux provoque des pertes joule et des chutes de tension qui peuvent avoir des conséquences néfastes sur le plan technique (voir économique).

Ainsi pour satisfaire le besoin de l'énergie réactive appelée par le réseau et les charges dont il dispose, on doit produire la quantité d'énergie réactive au lieu où le besoin se fait sentir, on dit qu'on compense l'énergie réactive.

L'intérêt principal de la compensation de l'énergie réactive des réseaux de transport est d'augmenter la puissance disponible, tout en réduisant le courant de l'installation. Ainsi la compensation limitera l'usure prématurée des équipements, la destruction de composants sensibles, et leurs déclenchements intempestifs.

### ***1.5. Principe de compensation :***

La Compensation d'une installation consiste à installer une source d'énergie réactive qui permet d'améliorer le facteur de puissance de l'installation. Le schéma ci-dessous illustre



**Fig.I.4 : Représentation vectorielle de la compensation**

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \dots \dots \dots (6)$$

Cette figure traduit la présentation vectorielle de la compensation.

Avant compensation :

P : puissance active

S1 et S2 : puissances apparentes (avant et après compensation)

Qc : Puissance réactive du condensateur

Q1 : Puissance réactive sans condensateur

Q2 : Puissance réactive avec condensateur

Relations :

$$Q_2 = Q_1 - Q_c \dots \dots \dots (7)$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \dots \dots \dots (8)$$

$$Q_c = P \cdot \tan \phi_1 - P \cdot \tan \phi_2 \dots \dots \dots (10)$$

**EMBED Equation.3** ..... (11)

- $\phi_1$  déphasage sans condensateur
- $\phi_2$  déphasages avec condensateur
- U est la tension de phase

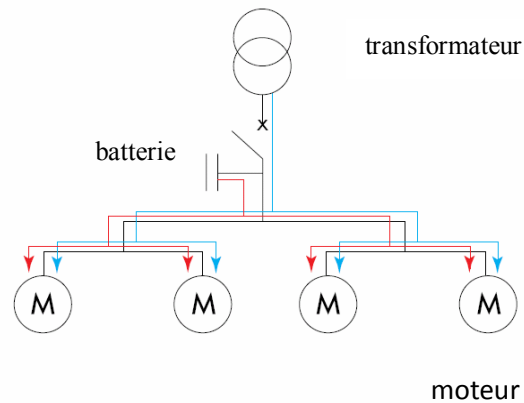
**I.6. Modes de compensation :**

Dans une installation électrique les batteries de condensateurs peuvent être implantées à trois niveaux différents :

### A. Compensation globale :

Ce type de compensation convient pour une installation simple de moyenne puissance, la batterie de condensateur est installée au départ de l'installation .elle représente l'avantage de :

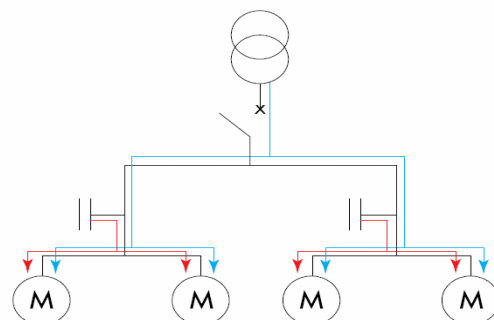
- Supprimer la facture d'énergie réactive.
- Représenter la solution la plus économique car toute la puissance est concentrée en un point et le coefficient de foisonnement permet des batteries bien optimisées.
- Soulager le transformateur.



*Fig. I.5: Compensation globale.*

### B. Compensation partielle ou par secteur :

Les condensateurs sont installés en tête du secteur d'installation à compenser. Elle convient lorsque l'installation est étendue et comporte des ateliers dont les régimes de charge sont diff

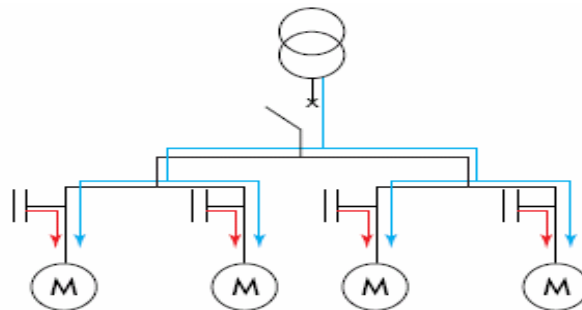


*Fig I.6. : Compensation partielle.*

### **C. Compensation individuelle:**

La batterie de condensateur est raccordée directement à l'appareil consommateur d'énergie réactive.

Ce type de compensation représente en principe le mode idéal de compensation sur le plan technique, puisque les pertes dans les lignes ainsi que les chutes de tension seraient réduites au minimum, mais le fait de placer plusieurs condensateurs encombre l'installation et conduit à des frais de première installation relativement élevée. Ce mode compensation est généralement réservé aux ateliers comprenant plusieurs moteurs dont le fonctionnement est intermittent.



*Fig I.7: Compensation individuelle.*

### **I.7. Dispositifs de compensation :**

Les sources de puissance active sont uniquement les générateurs des centrales électriques, tandis qu'il en existe plusieurs pour l'énergie réactive. Ces derniers sont regroupés en deux catégories :

- Compensateurs fournissant un réactif constant.
- Compensateurs fournissant un réactif variable.

### **A. Compensateurs fournissant un réactif constant :(3)**

Qui englobent ;

- Les moteurs synchrones
- Moteurs asynchrones synchronisés
- Condensateur statique

### **B. Compensateurs rapides (compensateurs fournissant un réactif variable):**

Dans ce groupe de compensateurs se trouve :

- Compensateurs à capacité variable,
- Compensateurs à réactance saturée,
- Stato-compensateur,
- Compensateur à réactance variable,
- Compensateur synchrone.

### ***1.8. Avantages de la compensation :***

#### **A. Avantages techniques :**

- Diminution de la chute de tension
- Diminution des pertes en ligne (échauffement des câbles) à puissance active constante
- Augmentation de la puissance active disponible au secondaire des transformateurs
- Bon fonctionnement du poste du transformateur
- Diminution des sections des câbles

#### **B. Avantages économiques :**

- Suppression de la facturation des consommations excessives d'énergie réactive
- Réduction éventuelle de la puissance souscrite
- Diminution de l'énergie active consommée

Dans ce qui suit nous allons détailler le procédé de compensation par batterie de condensateurs qui est très utilisée dans les unités de productions.

### ***1.9. La compensation par batteries de condensateurs :***

Dans le régime du courant alternatif les condensateurs ont un champ d'application assez vaste. En gros, ce champ peut se diviser en trois grands groupes :

- Les dispositifs de filtrage
- Le démarrage des moteurs à induction monophasée
- L'amélioration du facteur de puissance

#### **A. Constitutions :**

Un condensateur est assimilable à deux plaques métalliques, appelées également armatures, disposées face à face séparées par un isolant appelé diélectrique.

#### **B. Choix d'une batterie de condensateur : (1)**

Le choix d'une batterie de condensateur s'effectue en fonction des critères suivants:

- La rentabilité du matériel
- Contrainte d'installation (atelier à facteur de déphasage différent, nombre de transformateurs).

Deux grandes familles de produits se distinguent :

##### **B.1 Les batteries de condensateurs de type fixe :**

L'énergie fournie par ces batteries est constante quelque soit les variations du facteur de puissance de la charge des récepteurs, donc de la consommation d'énergie réactive de l'installation. Ce type de batteries est généralement utilisé dans le cas :

- D'installation électrique à charge constante fonctionnant 24/24
- De compensation réactive interne des transformateurs
- De compensation individuelle de moteurs.

La mise en œuvre de ces batteries peut être :

- Manuelle (commande par disjoncteur ou interrupteur)
- Semi-automatique (commande par contacteur)
- Directe (asservie aux bornes des récepteurs)

##### **B.2 Les batteries de condensateurs de type automatique :**

La puissance réactive fournie par les batteries est modulable en fonction des variations du facteur de puissance et de la charge des récepteurs. Ces batteries sont composées d'une association en parallèle de gradins.

La mise en service ou hors service de toute la batterie, ou d'une partie de celle-ci est asservie à un régulateur varométrique intégré. Ces batteries sont généralement utilisées dans le cas :

- De charges variables.
- De tableaux généraux(TGBT) au gros départ.
- Cas de puissance supérieure à 15% de la puissance du transformateur.

### **C. Intérêt de la compensation automatique :**

Installées en tête de l'ensemble de la distribution BT ou d'un secteur important, les batteries de condensateurs sont divisées en gradins. La valeur du  $\cos \varphi$  est détectée par un relais varométrique qui commande automatiquement l'enclenchement et le déclenchement des gradins en fonction de la charge et du  $\cos \varphi$  désiré. Le transformateur de courant doit être placé en amont des récepteurs et des batteries de condensateurs. (Dans notre cas la valeur du  $\cos \varphi$  est calculée par le microcontrôleur)

La compensation automatique permet l'adaptation immédiate de la compensation aux variations de la charge et évite, ainsi, le renvoi d'énergie réactive sur le réseau SONELGAZ et les surtensions dangereuses pour les circuits d'éclairage lors des marches à faible charge de l'installation.

### **D. Calcul de la capacité de condensateurs à installer :**

La quantité d'énergie réactive fournie par un condensateur est :

$$Q_c = U^2 C W \dots \dots \dots (13)$$

U : tension aux bornes du condensateur

C : capacité du condensateur

W : pulsation du réseau d'alimentation

D'après les formules (6) et (13) on peut déduire que

$$C = P (tg\varphi - tg\varphi_1) / U^2 W \dots \dots \dots (14)$$

Dans le cas de réseaux triphasés alternatifs, il existe deux façons pour monter les condensateurs :

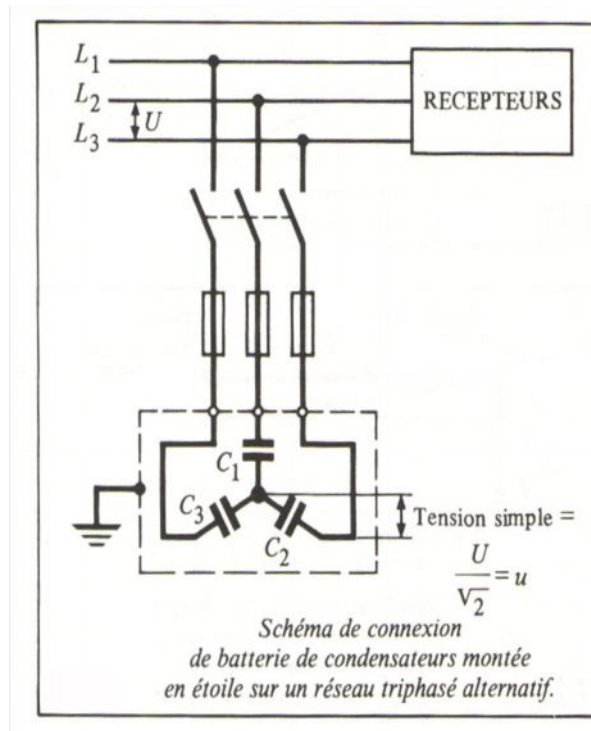
#### **D.1 Montage étoile :**

La puissance réactive fournie par l'ensemble des condensateurs a pour expression :

$$Q_c = 3 C W V^2 = C W U^2$$

La valeur de la capacité de chaque batterie est :

$$C = \frac{\frac{P}{3} (tg \varphi - tg \varphi')}{V^2 \cdot W} \dots\dots\dots (15)$$



**Schema de connexion de batteries de condensateurs montées en étoile sur un reseau triphasé**

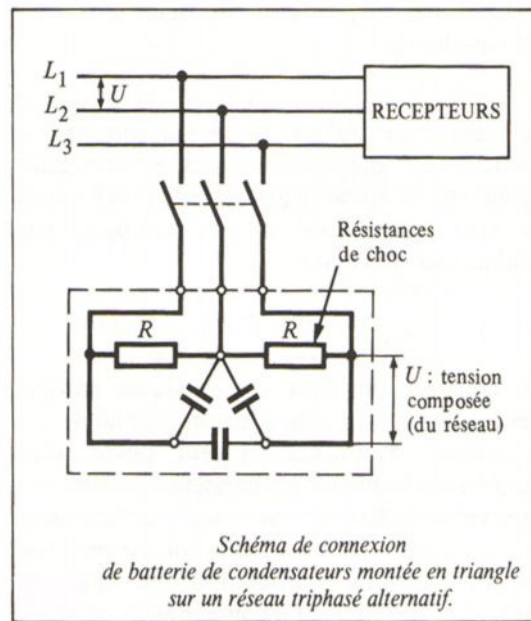
**D.2 Montage triangle :**

Dans ce cas :

$$Q_c = 3 C W U^2$$

Et :

$$C = \frac{\frac{P}{3} (tg \varphi - tg \varphi')}{U^2 \cdot W} \dots\dots\dots (16)$$



**Schema de connexion de batterie de condensateurs montées en triangle sur un réseau triphasé**

**E. Choix du montage des condensateurs :**

Nous avons vu que :

$$C_{\lambda} = P \left( (tg^{\alpha} - tg^{\beta}) / (3 V^2 W) \right) \dots\dots\dots (17)$$

$$C_{\Delta} = P \left( (tg^{\alpha} - tg^{\beta}) / 9V^2W \right) \dots\dots\dots (18)$$

Ce qui revient à dire :

$$C_{\Delta} = 1/3 C_{\lambda} \dots\dots\dots (19)$$

La capacité des condensateurs montés en étoile est 3 fois plus supérieure à celle des condensateurs montés en triangle, alors que la tension aux bornes de ces derniers est  $\sqrt{3}$  fois plus supérieure à celle aux bornes des récepteurs couplés en étoile.

La capacité est proportionnelle à la surface des électrodes, il s'avère que l'augmentation de la capacité entraîne automatiquement une augmentation de la quantité du métal (Zn ou Al) et du diélectrique, donc du prix et de l'autre côté, une augmentation de la tension implique une utilisation du diélectrique de grande rigidité, ce qui entraîne aussi une augmentation du prix.

En pratique, le cout des batteries croit sensiblement lorsque la tension croit. Tant que la tension reste au-dessous de 500V, ceci conduit à adopter le montage en triangle (pour une compensation en basse tension).

**Chapitre II:  
Présentation de la raffinerie de  
sucre de CEVITAL.**

Dans toutes les unités industrielles, il existe un réseau d'alimentation en énergie électrique offrant la puissance nécessaire au bon fonctionnement de l'unité.

Notre stage s'est effectué à la nouvelle raffinerie de sucre à moyenne tension (NRFS) de CEVITAL.

### ***II.1 Présentation du complexe CEVITAL :***

La présentation du complexe CEVITAL nécessite en premier lieu le passage indispensable par son historique.

#### **A. Historique :**

CEVITAL est une grande force industrielle et économique se spécialisant dans le raffinage des huiles et de sucres. Elle est parmi les entreprises algériennes qui ont vu le jour dès l'entrée de notre pays en économie de marché, c'est une société par action (SPA)

Dont les actionnaires principaux sont Mr REBRAB, ET FILS elle a été créée par des fonds privés en 1998.

Face aux grands et aux meilleures du marché international, CEVITAL a fait appel aux leaders mondiaux pour chaque type de machine et d'équipement faisant de ce complexe de raffinage l'un des plus performant et moderne du monde, ce qui a permis à la raffinerie d'entrer en production le 12 Aout 1999.

#### **B. Site d'installation :**

Après avoir été un vaste marécage et une énorme décharge publique, le terrain où a été créé le site de ce complexe industriel a complètement été reconstitué grâce aux moyens technologiques de dernière génération qui ont été utilisés ainsi qu'aux efforts titanesques qui ont été fournis et ce pour remplacer le sol sur 18 mètres de profondeur par le système colonnes ballastées ce qui a fait que ce terrain devient constructible.

#### **C. situation géographique :**

CEVITAL est implanté au nouveau quai du port de Bejaia à 3 Km du sud ouest de cette ville, à proximité de la RN 26 soit de 280 Km d'Alger, ce qui fait que cette situation géographique de l'entreprise lui a beaucoup profité étant donné qu'elle lui confère l'avantage de proximité économique, en effet elle se trouve proche du port et aéroport ainsi que la zone industrielle d'Akbou.

#### D. Activité et unité de CEVITAL :

Lance en Mai 1998, le complexe CEVITAL a débuté son activité par le conditionnement en décembre 1998.

En février 1999 les travaux de génie civil de la raffinerie on débuté, cette dernière et devenue fonctionnelle en Aout 1999.

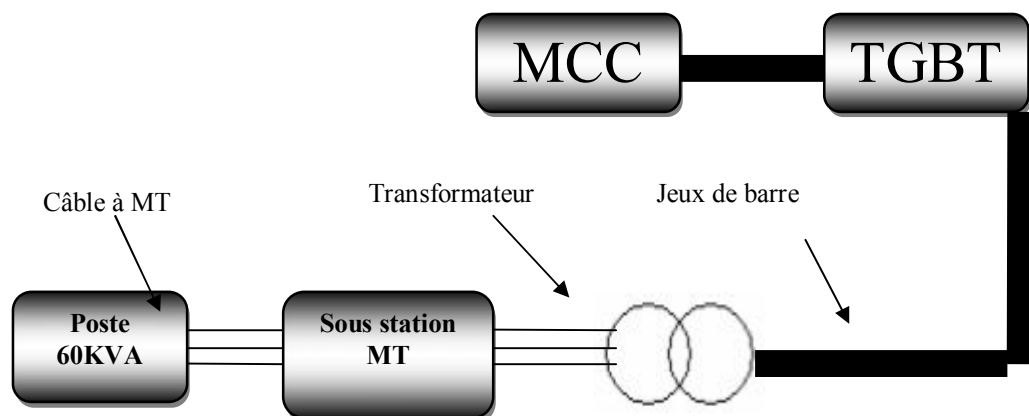
L'ensemble des activités de CIVITAL et concentré sur la production et la commercialisation des huiles végétales, de margarine et du sucre et se présentent comme suite :

- Raffinage huile.
- Conditionnement d'huile.
- Production de margarine.
- Fabrication de l'emballage (PUT) : poly éthylène téréphtalique.
- Raffinage sucre.
- Stockage céréales.
- Minoterie et savonnerie en cour d'étude.

#### II.2 Etude de l'alimentation de la nouvelles raffinerie de sucre par la moyenne tension (MT) :

La NRFS est alimentée par une ligne à moyenne tension, elle comporte plusieurs sections de raffinage qui sont alimentées par 4 TGBT et 4 MCC.

L'alimentation de ces dernières est effectuée par un jeu de barre connecté à un transformateur. La figure III-1 Présente le réseau d'alimentation de la NRFS.



### **Figure.II.1 : Réseau d'alimentation de la NRFS (MT)**

Un réseau électrique est un ensemble d'[infrastructures](#) permettant d'acheminer l'[énergie électrique](#) des [centres de production](#) vers les [consommateurs](#) d'[électricité](#). Il est constitué de [lignes électriques](#) exploitées à différents niveaux de [tension](#), connectées entre elles dans des [postes électriques](#). Les postes électriques permettent de répartir l'[électricité](#) et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux [transformateurs](#). Un réseau électrique doit aussi assurer la gestion [dynamique](#) de l'ensemble production - transport - consommation, mettant en œuvre des [réglages](#) ayant pour but d'assurer la [stabilité](#) de l'ensemble.

Un réseau électrique est divisé en lignes Très Haute, Haute, Moyenne et Basse Tension. Les caractéristiques de ces différentes lignes sont regroupées ci-dessous.

Type de ligne	Tension	Usage
Très Haute Tension (THT)	400 000 volts (400 kV) 225 000 volts ( 225 kV )	Transport d'énergie électrique à longue distance et international.
Haute Tension (HT)	90 000 volts (90 kV) 63 000 volts ( 63 kV )	Transport d'énergie électrique distant, industries lourdes, transport ferroviaire.
Moyenne Tension (MT)	30 000 volts ( 30 kV ) 20 000 volts ( 20 kV ) 15 000 volts ( 15 kV )	Transport d'énergie électrique, local, industries, PME, services, commerces
Basse Tension (BT)	380 volts, 230 volts	Distribution d'énergie électrique, ménages, artisans.

#### **II.3 Les différents éléments constituant le réseau de la ligne moyenne tension (MT) :**

Le réseau de l'alimentation de la NRFS est constitué de :

- Poste 60 KVA.
- MT (moyenne tension).
- Transformateur.
- Jeux de barre.
- TGBT.

### A. Poste 60KVA :

C'est un bâtiment électrique de haute tension 60Kv, il est composé de deux niveaux (R+1). Cet ouvrage est réalisé dans le cadre du projet HT El-kseur Bejaia pour être alimenté avec un départ de 40MVA à partir poste d'El-kseur.

### B. Les transformateurs :



*Figure II.2 Transformateur (3150KVA)*

Un transformateur de tension est un « transformateur de mesure dans lequel la tension secondaire est, dans les conditions normales d'emploi, pratiquement proportionnelle à la tension primaire et déphasée par rapport à celle-ci d'un angle voisin de zéro, pour un sens approprié des connexions ». Il s'agit donc d'un appareil utilisé pour la mesure de fortes tensions électriques. Il sert à faire l'adaptation entre la tension élevée d'un réseau électrique HTA ou HTB (jusqu'à quelques centaines de kilovolts) et l'appareil de mesure (voltmètre, ou wattmètre par exemple) ou le relais de protection, qui eux sont prévus pour mesurer des tensions de l'ordre de la centaine de volts.

Les caractéristiques du transformateur utilisé sont regroupées dans les tableaux suivants :

TYPE	DEEXX
NORME	NF C52- 112-1
Niveau d'isolement	CF 170/FI 70 HT
Niveau d'isolement	CF-/ FI 3 BT
Tension	Primaire : 30KV Secondaire : 410V
Courant	Primaire : 60.62A Secondaire : 4435.7A
Puissance	3150KVA
Fréquence	50Hz
Couplage	Dyn11
Impédance de cc (Zcc)	5.50 %

### C. Jeu de barre :

Dans la distribution électrique un jeu de barre désigne un conducteur de cuivre ou d'aluminium a faible impédance auquel peuvent être reliés plusieurs circuits électriques en des points séparés. Il conduit de l'électricité dans un tableau électrique à l'intérieur de l'appareillage électrique ou dans un poste électrique, son majeur intérêt est d'éviter que l'installation soit encombrée de câbles.

### D. TGBT (tableau général basse tension) :

A partir des quatre transformateurs ou le quatrième est en cour de réalisation, on aura automatiquement quatre TGBT et quatre MCC (armoire de commande et de contrôle), chaque TGBT délivre un courant de 5000 A, constitué d'un disjoncteur principal [relais, contacteurs, fusibles...] dont on aura les différents départs vers la charge (récepteur).

Le rôle du compensateur (le TGBT), consiste essentiellement à la régulation du facteur de puissance  $\cos \phi$  de cette installation, sa tache est de déterminer en temps réel (grâce aux différents capteurs) l'énergie réactive consommée ainsi que le facteur de puissance afin de l'ajuster aux exigences du fournisseur d'électricité et aux satisfactions du consommateur

Le principe est de compenser à l'aide des gradins de condensateurs, le schéma complet du compensateur est représenté sur la figure suivante ;



*Figure II.3 : Le schéma complet du compensateur.*

#### **II.4 Les différents éléments constituant le compensateur :**

- Batterie de condensateurs
- Contacteurs et relais
- Les fusibles
- Les différents capteurs
- Jeu de barres
- Un système d'affichage

##### **A. batterie de condensateurs :**

La compensation de l'énergie réactive est assurée grâce à des batteries de condensateurs de type SAH (self anti-harmoniques). Ce sont des condensateurs auxquels sont associées des selfs anti-harmoniques et ce pour ne pas polluer le réseau avec des harmoniques qui nuiront par la suite à son bon fonctionnement.

Dans ce compensateur, la batterie est composée de condensateurs appelé chacun « **gradin** ». En BT, la puissance d'un gradin est au maximum de 100 kvar; une batterie peut comporter jusqu'à 7 gradins de même puissance. Les gammes usuelles sont présentées au catalogue des constructeurs. La connexion avec la charge(les moteurs) est réalisée en moyennant des câbles d'une section de 2\*95mm carré en passant par la MCC ( armoire de contrôle et de commande des moteurs)

#### **B. Contacteurs et relais thermiques :**

L'armoire dispose aussi d'un ensemble de dispositifs (relais thermique+contacteur) liés à chaque gradin et ce dans le but de les protéger des éventuels dangers des surintensités. Le relais thermique a pour rôle de détecter les surcharges et informer la partie commande grâce à des contacts à ouverture ou fermeture. Un système d'aération par ventilateurs est aussi conçu dans le même but.

#### **C. Les fusibles :**

Ils assurent la protection du circuit d'affichage

#### **D. Les différents capteurs :**

L'installation comporte trois types de capteurs sur lesquels on s'étalera ultérieurement.

#### **E. Le jeu de barres :**

Il maintient la charge dans la batterie de condensateurs et récupère l'énergie réactive qu'elle délivre, qui sera ensuite répartie sur les différentes sous-stations en passant par le MCC

**Chapitre III:  
Conception matérielle.**

Nous avons utilisé la logique programmée pour ses divers avantages, le fonctionnement du compensateur repose essentiellement sur le programme logé dans l'EEPROM d'un microcontrôleur qui saura mesurer :

- Tension .
- Courant.
- Le facteur de puissance.
- Le nombre de gradins enclenchés.
- La température.

### III.1 Schéma synoptique :

Le système est composé de différents blocs ci-dessous :

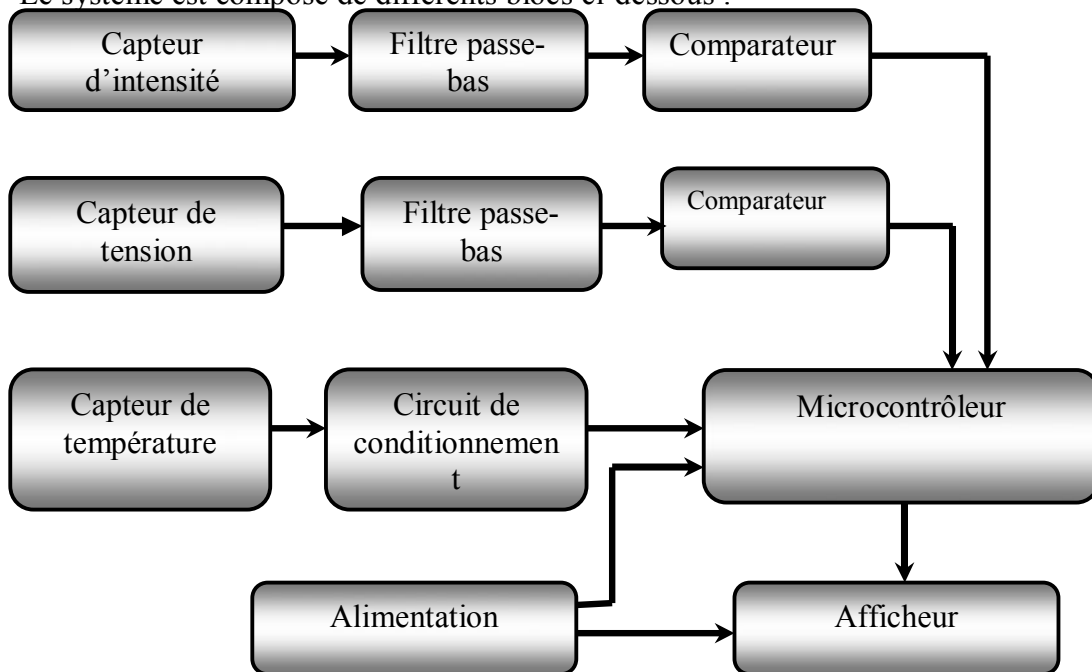


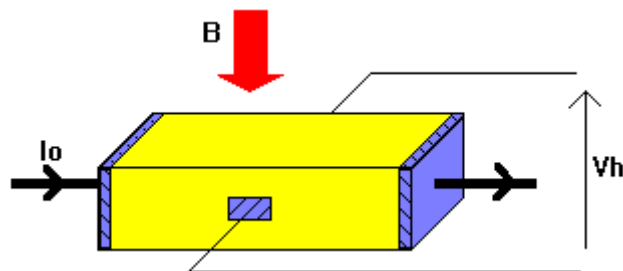
Figure III.1 : Schéma synoptique.

### III.2 Description des différents éléments du système :

#### III.2.1 Capteur d'intensité :(5)

Le capteur de courant à effet Hall est type de capteur de courant exploitant l'effet Hall pour produire une tension qui est l'image exacte du courant à mesurer ou à visualiser.

➤ L'effet hall :

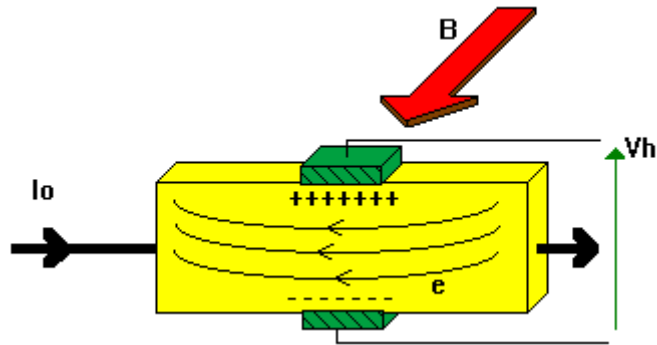


Si un courant  $I_0$  traverse un barreau en matériau conducteur ou semi-conducteur, et si un champ magnétique d'induction  $B$  est appliqué perpendiculairement au sens de passage du courant, une tension  $V_h$ , proportionnelle au champ magnétique et au courant  $I_0$ , apparaît sur les faces latérales du barreau.

C'est la tension de Hall (du nom de celui qui remarqua le phénomène en 1879).

$$V_h = K_h \times B \times I_0 \dots\dots\dots (20)$$

avec  $K_h$ : constante de Hall, qui dépend du matériau utilisé.



Les électrons sont déviés par le champ magnétique, créant une différence de potentiel appelée tension de Hall.

➤ **Application à la mesure avec isolation galvanique :**

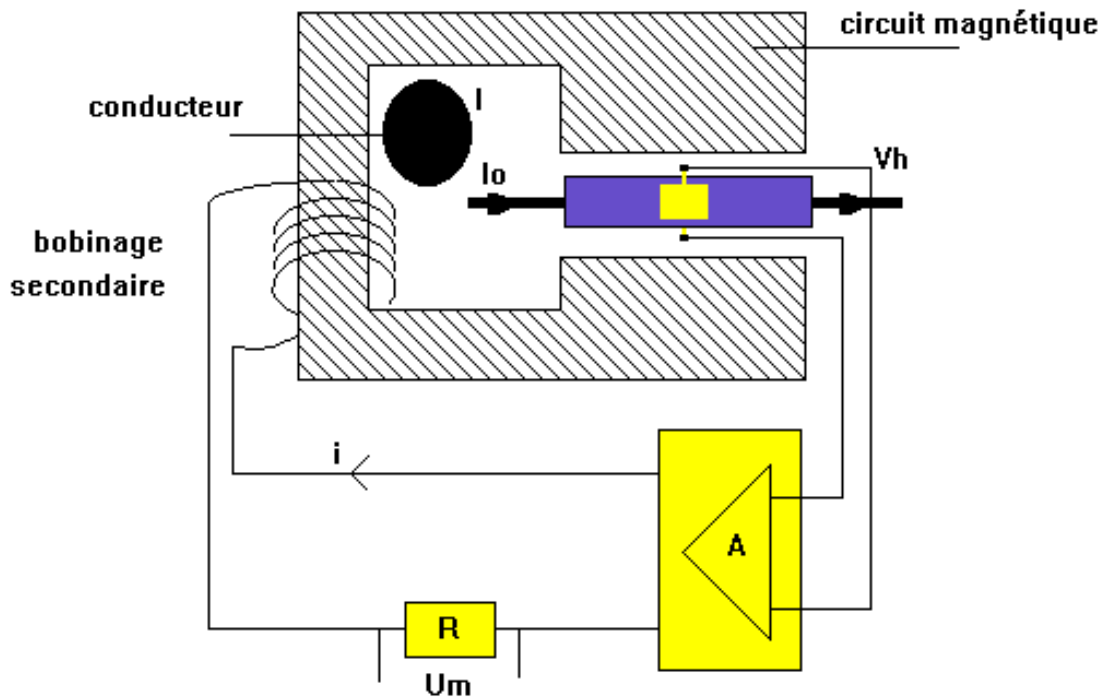
Un circuit magnétique constitué de ferrite permet de canaliser le flux créé par le conducteur parcouru par le courant  $I$ .

Un générateur de courant constant fournit le courant  $I_0$ .

Une tension  $V_h$  proportionnelle au courant  $I_0$  et à l'induction produite par le courant  $I$  apparaît.

Cette tension est amplifiée pour fournir un courant  $i$  dans les  $N$  spires du bobinage secondaire, de façon à produire un champ opposé à celui créé par  $I$ .

➤ A l'équilibre:  $B = B_r$  et  $I = N \times i$  comme le montre la courbe suivante:



*Fig III.2. Le capteur a effet hall.*

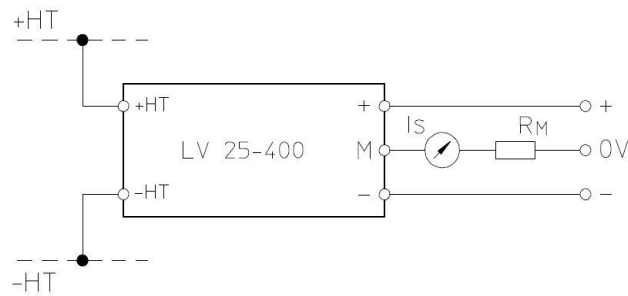
La valeur du courant  $I$  est proportionnelle à la tension  $U_m$  obtenue aux bornes de la résistance de mesure  $R$ . Le courant  $I$  peut être quelconque (sinusoïdal, continu...).

Utiliser un transformateur d'intensité (T.I.) avec un secondaire de 5A max. Le primaire doit avoir un courant égal ou légèrement supérieur au maximum de la charge admissible. Il faut choisir le rapport de transformation du T.I. de façon à garantir un signal ampère métrique au secondaire, compris entre 0,5 et 5A; intervalle de valeurs correctes pour un bon fonctionnement du régulateur.

Et dans notre cas on a utilisé un T.I abaisseur (5000A/5A)

### III.2.2. Le Capteur de tension :(5)

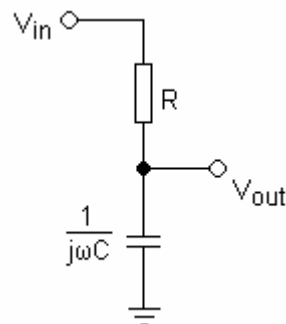
On a utilisé un transformateur abaisseur (400v/15v), connecte entre deux phases.



**Fig III.4 : Transformateur abaisseur (400v/15v)**

### III.2.3 Filtre passe-bas :(5)

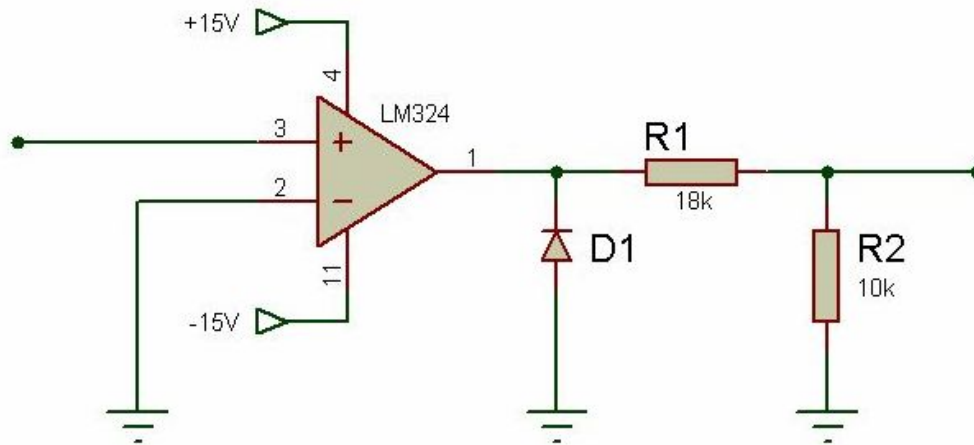
Utilisé pour atténuer les fréquences au dessus d'une fréquence déterminée appelée fréquence de coupure qui est de 50 Hz.



**Fig III.5 : Filtre RC**

### III.2.4 Comparateur :(5)

Utilisé dans le but de convertir le signal analogique en un signal numérique afin de pouvoir comparer les deux signaux (courant et tension) pour calculer le déphasage.



**Figure III.6 .Comparateur**

### III.2.5 Capteur de température :

Dans toutes les grandeurs physiques, la température est certainement l’une des plus utilisées. En effet, elle détermine d’une façon décisive les propriétés de la matière.

Ainsi, la mesure précise et le contrôle très strict de cette dernière sont indispensables et très recherchés, notamment en industrie.

Lorsqu’un système est sollicité par un gradient de température un effet électro électrique se produit et il existe trois effets, qui sont effet SEEBECK, effet PELTIER ensuite effet THOMSON. Dans notre projet on a utilisé un capteur de température qui est la **PT100**, il appartient à la famille dite *résistance métallique*. Sa résistance est croissante en fonction de la température selon la loi :

$$R(T) = R_0 \times [1 + AT + BT^2 + CT^3 (T-100)] \dots\dots\dots (21)$$

T : température exprimée en °C

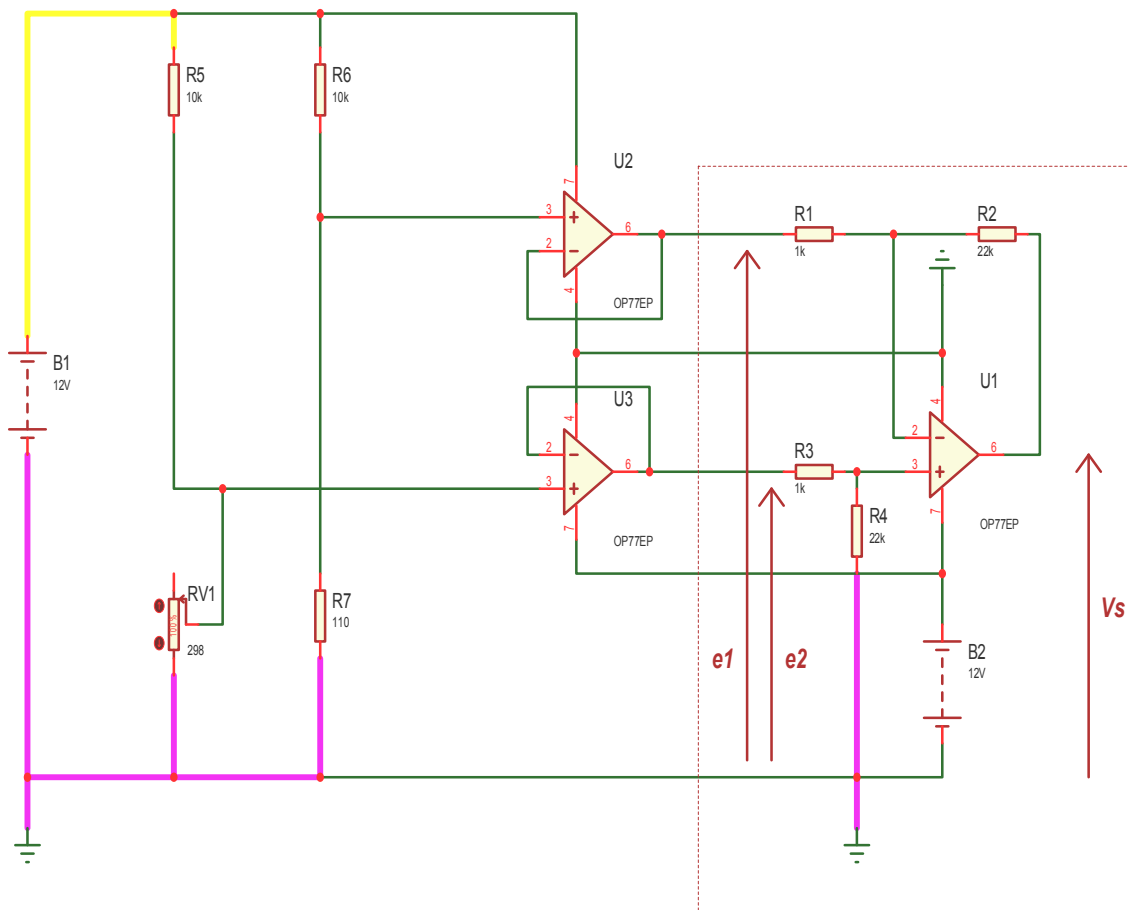
R<sub>0</sub> : la résistance à 0°C

Les coefficients : A, B et C dépendant de la nature de métal utilisés.

#### A. Le circuit de conditionnement :

Un conditionneur est tout simplement un circuit de conversion d’une grandeur physique (température, pression...etc.), en une grandeur électrique.

Dans notre cas, on a utilisé un conditionneur par pont de Wheatstone déséquilibré qui est relié à l'amplificateur et monté en suiveur pour isoler la partie de puissance et la partie de commande, ensuite ses sorties sont reliées à un soustracteur qui est relié au microcontrôleur.



**Figure. III.7. Circuit de conditionnement du pt100**

Après ce circuit de conditionnement, on a extrait la fonction de sortie générale qui est :

$$V_S = \frac{R_2}{R_1} (e_2 - e_1). \quad (22)$$

Avec :

$$e_2 = \frac{R_{pt100}}{R_{pt100} + R_5} \times 12V \quad (23)$$

$$e_1 = \frac{R_{pt100}}{R_{pt100} + R_6} \times 12V \quad (24)$$

$R_5=R_6, R_1=R_3, R_2=R_4$

$$R_{pt100} = 0.385 \times T (^{\circ}C) + 100 \quad (25)$$

Après tous les calculs on aura :

$$V_s = \frac{R_2}{R_1 \times R_5} (0.385 \times T) \times 12V \quad (26)$$

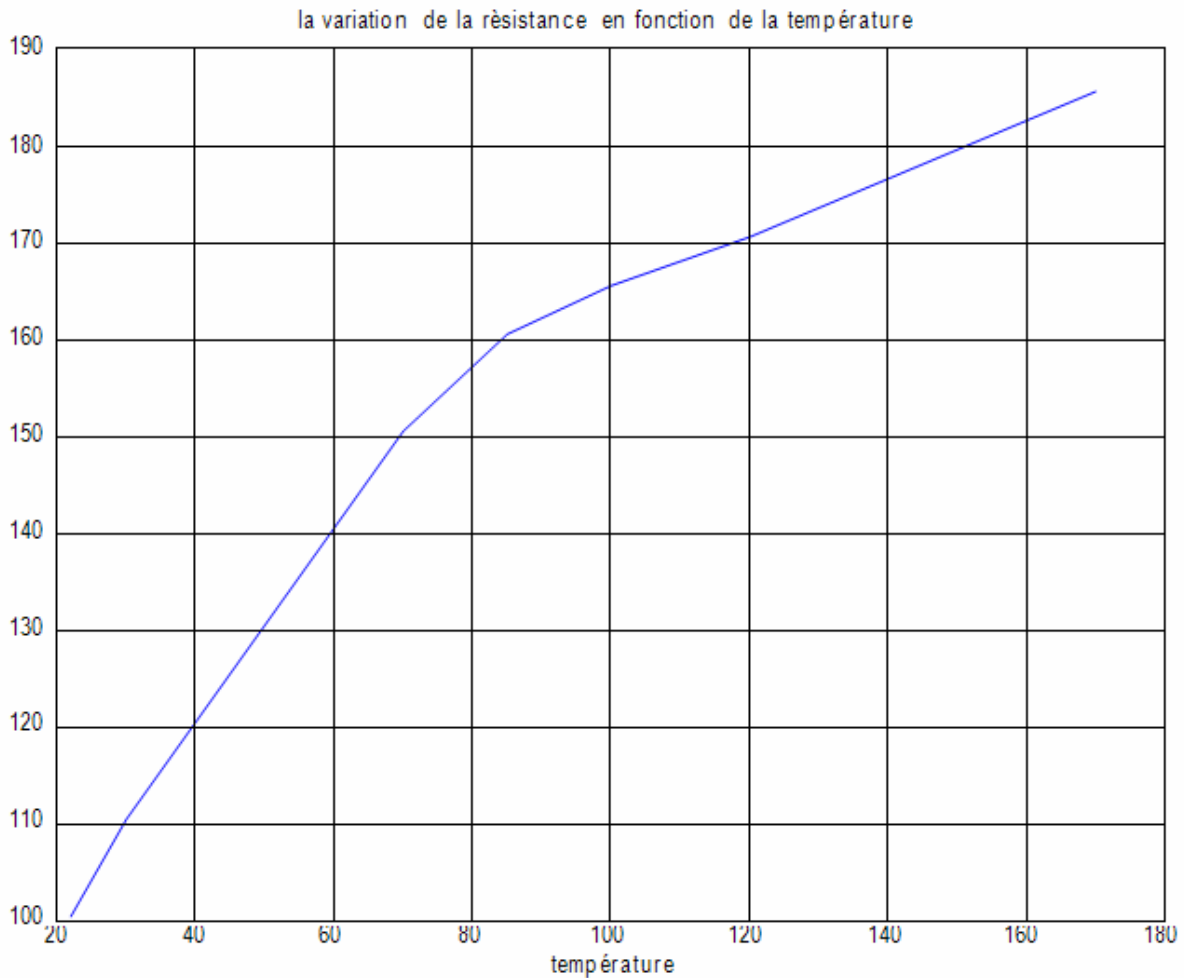
Donc on conclut que la tension  $V_s$  est proportionnelle à la température  $T$ .

### B. L'Etalonnage de la sonde (pt100) :

Nous avons effectué quelques essais pour la **pt100** et les résultats sont cités comme suit :

R ( $\Omega$ )	101.6	108	147	160	165	172	184
T ( $^{\circ}C$ )	22	30	70	85	100	120	170

Avec le logiciel MATLAB, on peut directement avoir la courbe avec exactitude. Le graphe montre la relation entre la température et la résistance de la pt100.



*Fig III.8.: Variation de la résistance en fonction de la température*

### III.2.6 description du microcontrôleur18F458:

Notre montage est architecturé autour du microcontrôleur **PIC18f458**.

En effet, en ayant recours à la logique programmée, le fonctionnement du compensateur repose essentiellement sur le programme embarqué sur le **PIC**.

#### A. L'architecture interne du pic : (6)

##### – Organisation de la mémoire programme :

Le pic 18f458 dispose d'une mémoire de programme de type FLASH de 32Kio de capacité. Chaque adresse est codée sur 2 octets ce qui confère à ce pic une large utilisation lors de réalisation de programmes laborieux.

– **La mémoire RAM :**

Elle sauvegarde temporairement les données qui seront perdues lors de la coupure de courant. Les emplacements mémoire de la RAM sont partagés en deux types : les registres de fonction spéciale (SFR) qui contrôlent le fonctionnement du pic, et les registres à usage général (GPR), selon le DATASHEET ; la zone occupée par les registres SFR est comprise entre les deux adresses mémoire 00Fh et 5Fh, tandis que la zone consacrée pour les registres se situe entre 60h et FFh.

La mémoire RAM du 18F458 est partagée en quinze banques ce qu'on trouve généralement gigantesque, seulement il faut savoir que dans la plus part des applications on n'a pas toujours besoin de changer de banque, notant qu'on place 256 adresses dans une seule banque et que tout les registres SFR sont situés dans la même banque, a savoir la banque quinze.

– **Le registre compteur de programme :**

Le compteur de programme PC est un séquenceur de treize bits qui est chargé de pointer à l'adresse mémoire courante contenant l'instruction à traiter par le microcontrôleur. Le contenu du registre PC évolue selon le pas du programme.

– **La pile stack :**

La pile permet à une combinaison de trente et un appels de sous programme et d'interruption d'avoir lieu, elle est utilisée pour la sauvegarde de l'adresse de retour. Le pic 18F458 a une pile de 31 niveaux de treize bits de largeur chacune.

– **La mémoire EEPROM :**

Le pic 18F458 à une mémoire EEPROM de 256 octets, les accès à cette mémoire se font par l'intermédiaire de quatre registres qui sont : EECON1, EECON 2, EEDATA, EEADR.

– **L'unité arithmétique et logique :**

Se charge de réaliser les opérations arithmétiques et logiques de base. Toutes les opérations à deux opérandes passent par le registre d travail W.

– **Le convertisseur analogique/numérique (CAN) :**

Le convertisseur intégré dans le pic 18F458 dispose de 8 canaux d'entrées analogiques sur les pins AN0 à AN4 du port A et les pins AN5 à AN7 du port E, le CAN permet un échantillonnage sur 10 bits.

– **Le watchdog :**

C'est un mécanisme qui surveille le programme durant son déroulement, il veille à ce qu'il n'ait pas d'implantations éventuelles causées généralement par des bugs. Son rôle est de provoquer un reset total du pic

– **Les interruptions :**

La gamme High-end dispose de 26 possibilités d'interrompre un programme en cours d'exécution grâce aux interruptions. Le déclenchement de cette dernière conduit le PIC à sauter à une adresse fixe de la mémoire programme pour dérouler un autre programme y abrité. Pour qu'un événement déclenche une interruption il faut réunir les éléments suivants :

- Valider les interruptions générales en mettant à 1 le bit **GIE** du registre **OPTION**
- Le bit de validation de cet événement doit être validé.
- Si nécessaire pour ce type d'interruption ou pour le mode choisi, les interruptions périphériques doivent être validées.
- Le flag d'interruption doit avoir été forcé par l'événement lui-même.

– **Les temporisateurs :**

Les timers dans le pic 18F458 sont en nombre de trois, on a timer 0, timer 1, timer2 et timer 3. Ils interviennent dans beaucoup d'applications lors de la programmation.

– **Le reset :**

Le pic peut être reseté pour plusieurs raisons. la première chose à savoir est qu'un reset branche le compteur de programme à l'adresse 0x00 et le programme reprend depuis le début.

Pour le pic 18F458 les causes provoquant un reset sont :

- La mise sous tension
- L'action sur le pin MCLR durant le déroulement normal du programme
- L'action sur le pin MCLR pendant que le pic est en mode sleep
- Débordement du WATCHDOG durant le déroulement normal du programme
- La chute de tension d'alimentation
- L'exécution de l'instruction « RESET »
- Le débordement de la pile (stack)
- L'extraction d'une adresse de la pile déjà vide

– **Le jeu d’instruction :**

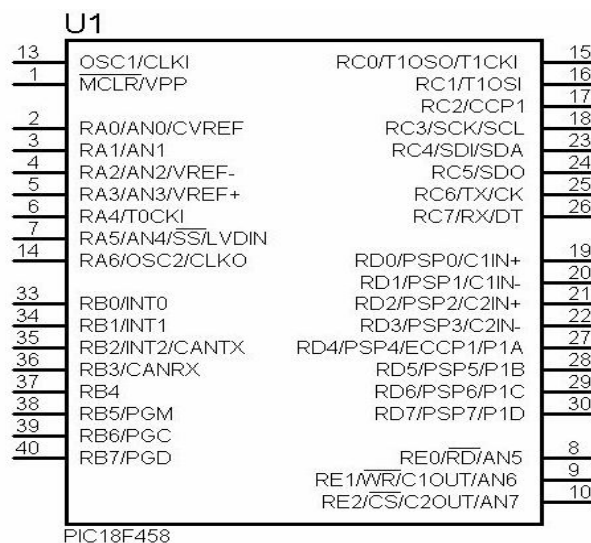
Le pic dispose de 70 instructions (voir l’annexe)

– **Les Ports d’entrée sortie in/out :**

Le pic 18f458 possède 33 lignes d’entrée sortie, elles sont partagées en 5 ports comme on peut le voir dans le schéma qui suit:

– **Le choix du microcontrôleur:**

Notre choix s’est porté judicieusement sur ce pic après avoir essayé de programmer avec le 16f877A qui a une mémoire de programme de 8K octets subdivisée en 4 segments de 2K octets chacun, ce qui nous a empêché d’introduire dans le programme des fonctions qui dépassent la taille d’un segment. Alors que le pic 18f458 possède une mémoire de 16 k mots qui n’est pas subdivisée en segments, et aussi le nombre d’entrées/sorties sachant qu’il possède 5 ports.



**Fig III.9 : Pic 18f458**

**III.2.7 Description de la Carte de clavier (boutons poussoirs) :**

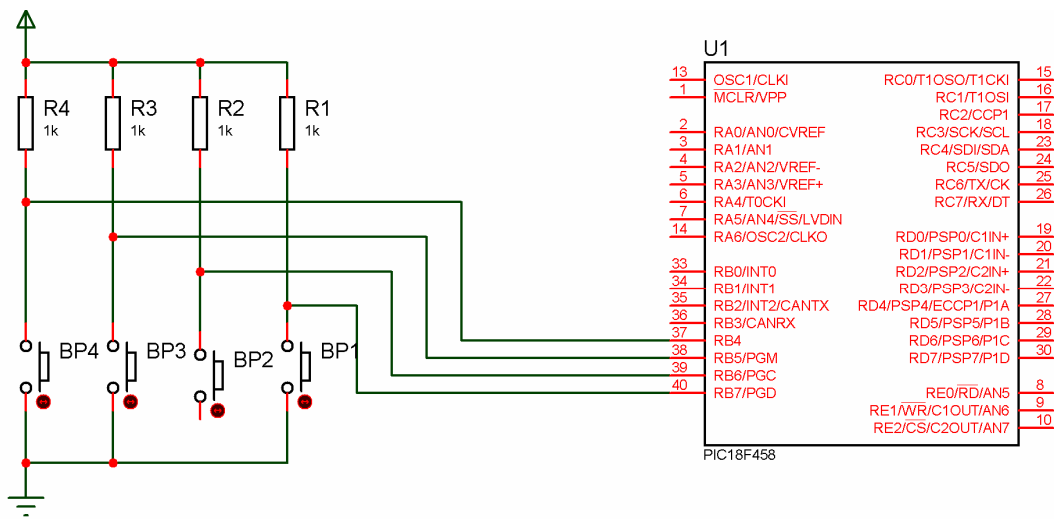
Notre clavier est constitué de quatre boutons poussoirs et chaque bouton correspond à une fonction à réaliser comme suit :

**Bp1** :c’est pour le déplacement du curseur vers le haut.

**Bp2** :c’est pour le déplacement du curseur vers le bas.

**Bp3** : elle permet de revenir au menu.

**Bp4** : bouton de validation.



*Fig III.10 : le brochage des boutons poussoirs.*

### III.2.8 Afficheur :

#### 1. Afficheur à cristaux liquide (LCD) :

Les afficheurs à cristaux liquides sont des modules compacts intelligents et nécessitent peu de composants externes pour un bon fonctionnement. Ils sont relativement bons marchés et s'utilisent avec beaucoup de facilité.

Un exceptionnel microprocesseur « pilote » de la famille C-MOS diminue considérablement leur consommation (inférieur à 0.1 mW). Ils sont pratiquement les seuls à être utilisés sur les appareils à alimentation par piles.

Plusieurs afficheurs sont disponibles sur le marché et ne diffèrent les uns des autres, non seulement par leurs dimensions, (de 1 à 4 lignes de 6 à 80 caractères), mais aussi par leurs caractéristiques techniques et leurs tensions de service. Certains sont dotés d'un rétro éclairage de l'affichage. Cette fonction fait appel à des LED montées derrière l'écran du module. Cependant, cet éclairage est gourmand en intensité (250mA max).

#### 1.A Les familles des afficheurs LCD : (6)

Il existe deux grandes familles d'afficheurs :

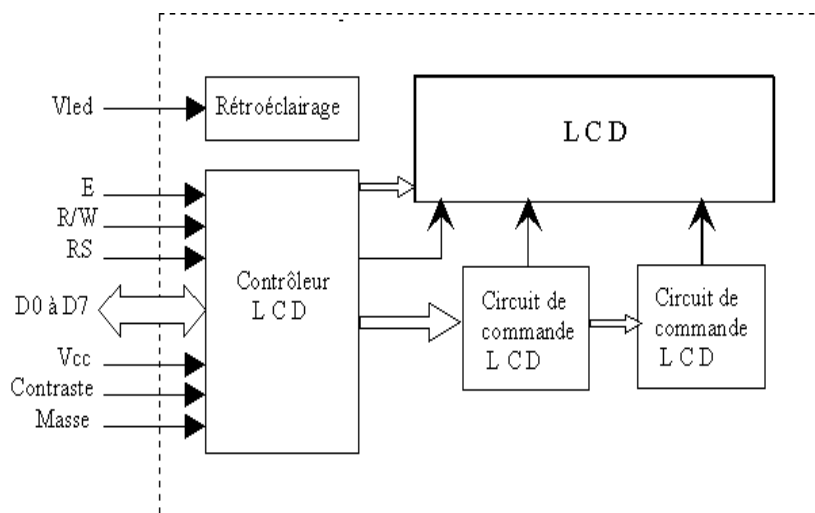
- Les afficheurs à accès série, dans ce type d'afficheur on envoie les données à afficher sous forme série, l'intérêt est bien sur l'économie de fils de commande.

- Les afficheurs à accès parallèle, dans cette famille d'afficheurs on transmet les informations à afficher sous forme parallèle avec une possibilité (programmable) de transmettre sur quatre bits ou bien sur huit bits.

Le contrôleur LCD est le circuit de commande de l'afficheur qui va gérer la gestion du module LCD et la gestion de la communication avec les commandes extérieures.

L'afficheur est alimenté en 5V. La broche contraste (focuss) va permettre, via le réglage d'un potentiomètre, de régler le contraste de l'afficheur.

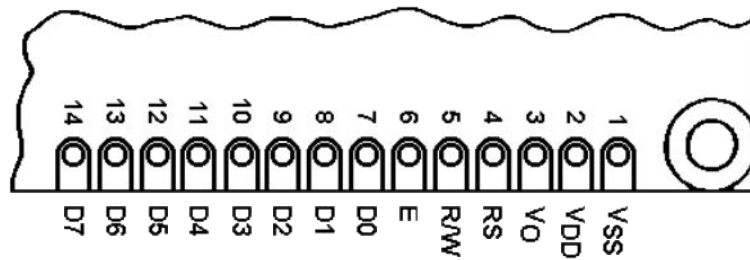
### 1. B Architecture fonctionnelle d'un afficheur à accès parallèle :



**Fig III.11 : Architecture fonctionnelle d'un afficheur à accès parallèle.**

Comme le montre le schéma fonctionnel, l'affichage comporte d'autres composants que l'afficheur à cristaux liquides (LCD) seul. Un circuit intégré de commande spécialisé, le LCD-contrôleur, est chargé de la gestion du module. Le « contrôleur » remplit une double fonction : d'une part il commande l'affichage et de l'autre se charge de la communication avec l'extérieur.

### 1. C Description de différentes broches :



*Fig.III.12 : Les broches de l'afficheur LCD 4x16*

Les broches **1 à 8 (D0-D7)**, permettent de transmettre un ordre à l'afficheur (exemple : effacement). Ces broches de données permettent également d'afficher un caractère selon le code fournit avec l'afficheur, il est ainsi possible d'afficher des caractères spéciaux. Ces codes sont mémorisés dans la CG RAM (caractère générateur), chaque caractère est formé sur une matrice de 5x8 points.

Le transfert peut se faire sur l'ensemble des huit bits (D0 à D7), ou bien sur quatre bits (D4 à D7) ; dans ce dernier cas on économise quatre lignes du pic mais il faut réaliser le transfert en deux fois, le choix de huit lignes ou quatre lignes se fait par programme selon le positionnement de certains bits.

La broche **9 : E** : Entrée de validation (ENABLE) ou horloge de l'afficheur ; elle est activée sur front descendant. Il est important ici de tenir compte des 2 seuils durées de commutation importantes en pratique : lorsque RS et  $R/\overline{W}$  ont atteint un niveau stable, il doit

se passer un intervalle de 140 ns minimum avant que la ligne « E » ne passe au niveau haut. Cette ligne doit ensuite, être maintenue à ce niveau pendant 450 ns au moins et les données doivent rester stables sur le bus de données jusqu'au début du front descendant de ce signal. Lorsque E=0 les entrées du bus de l'afficheur est à l'état haute impédance.

La broche **10 (R/W)**, est la broche de lecture écriture. La plupart du temps cette broche est à 0, c'est-à-dire en mode écriture. Si cette broche est à 1, le contrôleur nous offre la possibilité de lire certains paramètres internes à l'afficheur.

La broche **11 (RS)**, indique au contrôleur que les bits présents sur D0 à D7, véhiculent une instruction à exécuter (si RS=0).

La broche **12 : Vlc** : cette tension permet le réglage du contraste de l'afficheur. C'est une tension négative et tournante autour de 1,5. (Selon l'angle de visualisation).

La broche **13 : Vdd** : est le (+) de l'alimentation +5V.

La broche **14 : Vss** : c'est la Masse.

#### 1. D Paramétrage de l'afficheur :

Pour paramétrer l'afficheur il faut :

- positionner la broche RS à 0 ;
- puis positionner les bits D0 à D7 selon la fonction à réaliser ;
- enfin il faut valider avec le signal d'horloge E en le faisant passer de 1 à 0.

Le signal R/W reste à 0 (dans notre montage il restera constamment à 0).

Fonction réalisée	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Effacement de l'écran	0	0	0	0	0	0	0	1
Positionner le curseur en début de 1 <sup>ère</sup> ligne	0	0	0	0	0	0	1	*
Sélection du mode d'affichage	0	0	0	0	0	1	a	b
Contrôle de l'affichage « ON » « OFF »	0	0	0	0	1	c	d	e
Déplacement de l'afficheur	0	0	0	1	f	g	*	*
Paramétrage de l'afficheur	0	0	1	h	i	j	*	*
Adresse du générateur de caractère	0	1	Caractère	Car	Car	Rangée	Ran	Ran
Adresse du générateur de caractère	1	0	Adresse	Adr	Adr	Adr	Adr	Adr

**Tableau (3) : Les fonctions réalisées selon D0 à D7**

\* = état indéterminé 0 ou 1.

Si a=0 le curseur se déplace vers la gauche après l'écriture d'un caractère.

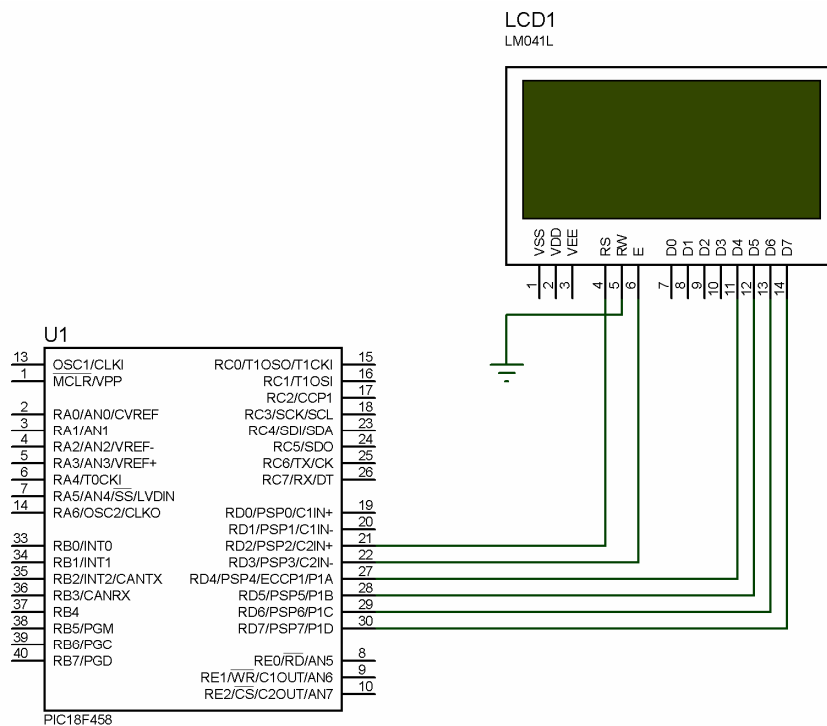
Si a=1 le curseur se déplace vers la droite après l'écriture d'un caractère.

Si b=0 l'affichage ne bouge pas, si b=1 l'affichage est décalé selon « a » ci-dessus.

Si c=1 l'affichage est visible.

Si d=1 le curseur est visible.

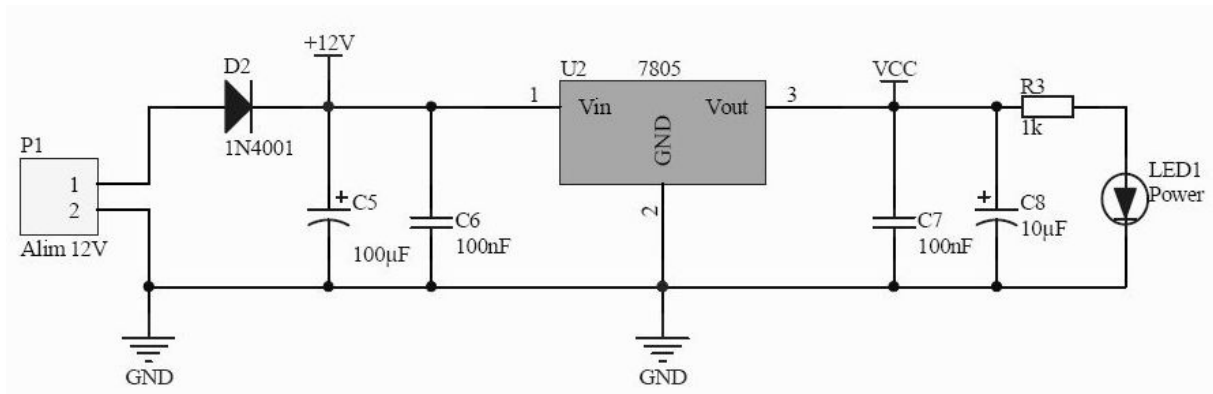
Si e=1 le mode d'affichage est inversé (curseur en inverse vidéo).



**Fig.III.13. Brochage de l'afficheur LCD**

### III.2.9 Alimentation:

Le bloc d'alimentation utilise délivre deux tensions une de 5v pour l'afficheur et le microcontrôle et une de 12v pour le circuit intégré LM324.



*Figure III.14 Bloc d'alimentation.*

**Chapitre IV:  
Conception logiciel.**

## IV. 1 Les organigrammes :

Les organigrammes ont pour but de faciliter la compréhension et le déroulement de programme et ne représente que les actions principales effectuées par le microcontrôleur

### IV.1.1 Déclaration des variables :

Les différentes variables utilisées dans ce programme sont toutes définies ci-dessous :

**int mode=0** : indique le mode de fonctionnement

**int cmpt\_menu** : pour la sélection des fonctions dans le mode menu

**int temp\_mesuree** : c'est la température mesurée

**Unsigned int16 adc\_1** : la valeur numérisée sur AN0

**Unsigned int16 adc\_2** : la valeur numérisée sur AN1

**Unsigned int16 adc\_3** : la valeur numérisée sur AN3

**float calcul** : valeur temporaire pour le calcul

**Unsigned int16 déphasage** : représente le nombre de cycle entre les deux impulsions

**Float cos phi** : la variable qui contient le déphasage entre la tension et le courant

**unsigned int gradins=0** : représente le nombre de gradins sélectionnés

**int flag=0** : pour signaler qu'une mesure de déphasage est terminée

**unsigned int16 courant\_max=0** : la valeur max du courant

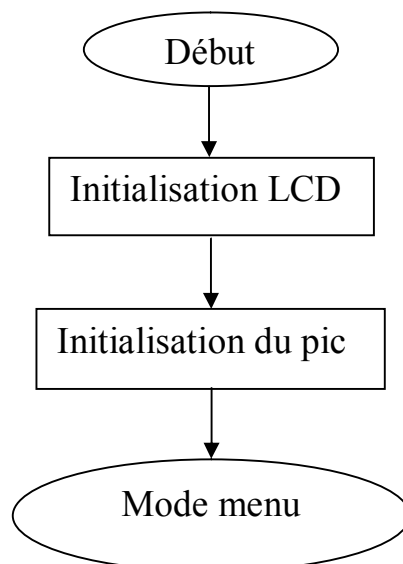
**unsigned int16 tension\_max=0** : la valeur max de la tension

**unsigned int16 courant=0** : la valeur actuelle du courant

**unsigned int16 tension=0** : la valeur actuelle de la tension

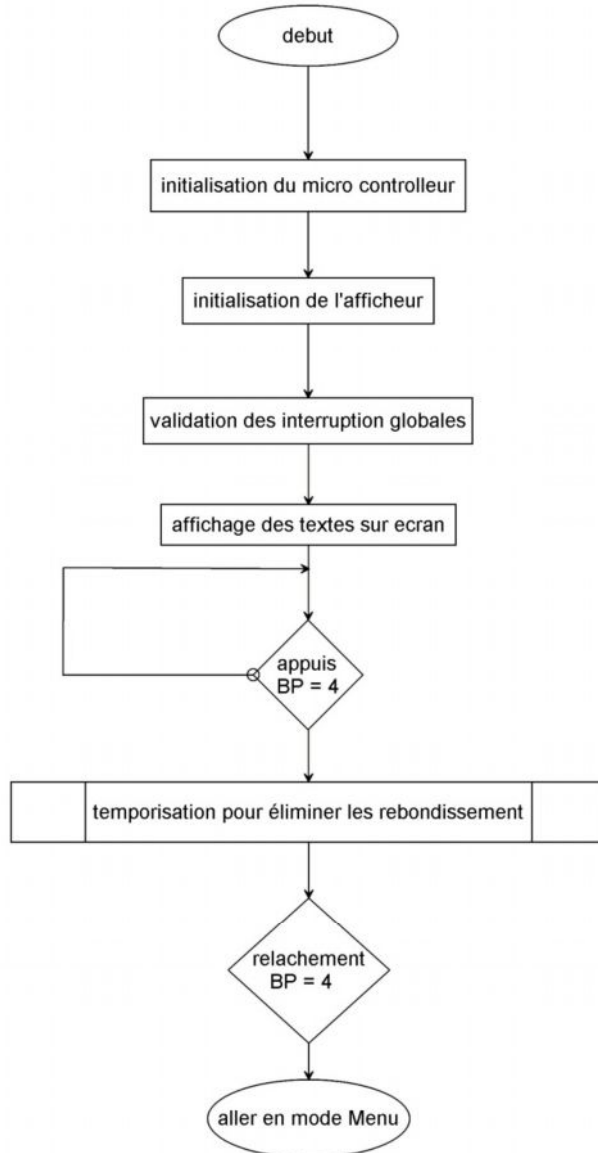
### Organigramme d'initialisation :

Cet organigramme gère le programme d'initialisation de l'afficheur LCD et du microcontrôleur PIC18F458.

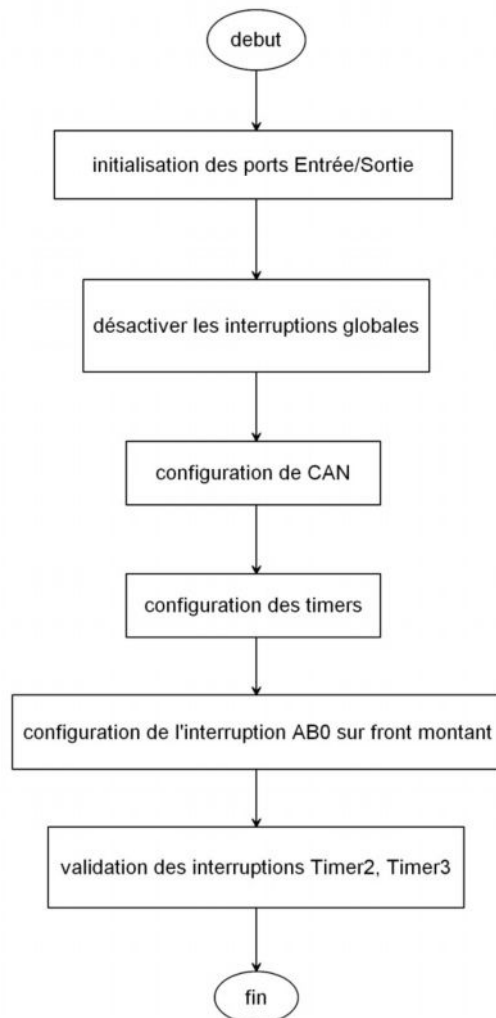




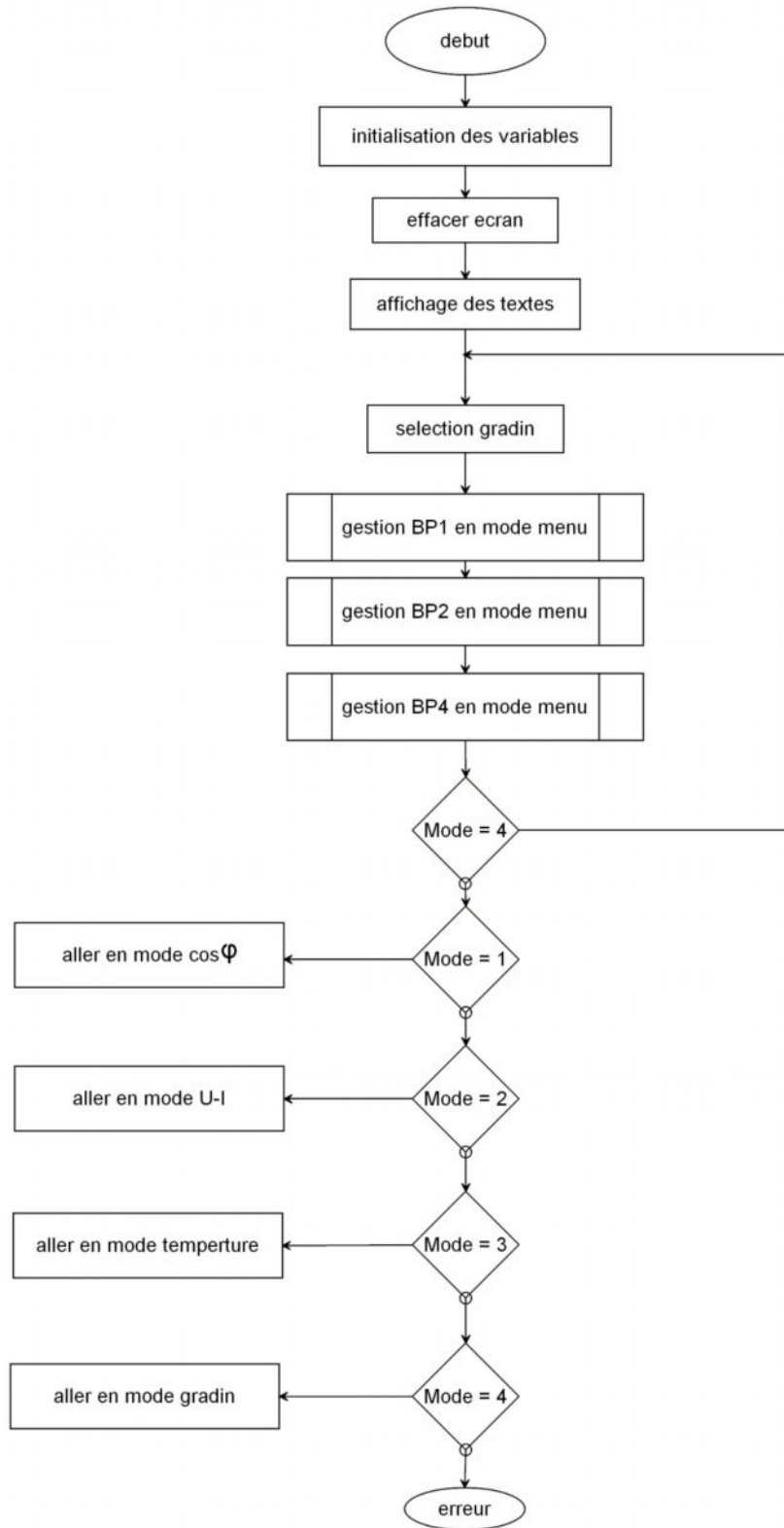
Organigramme de deroulement du programme principale



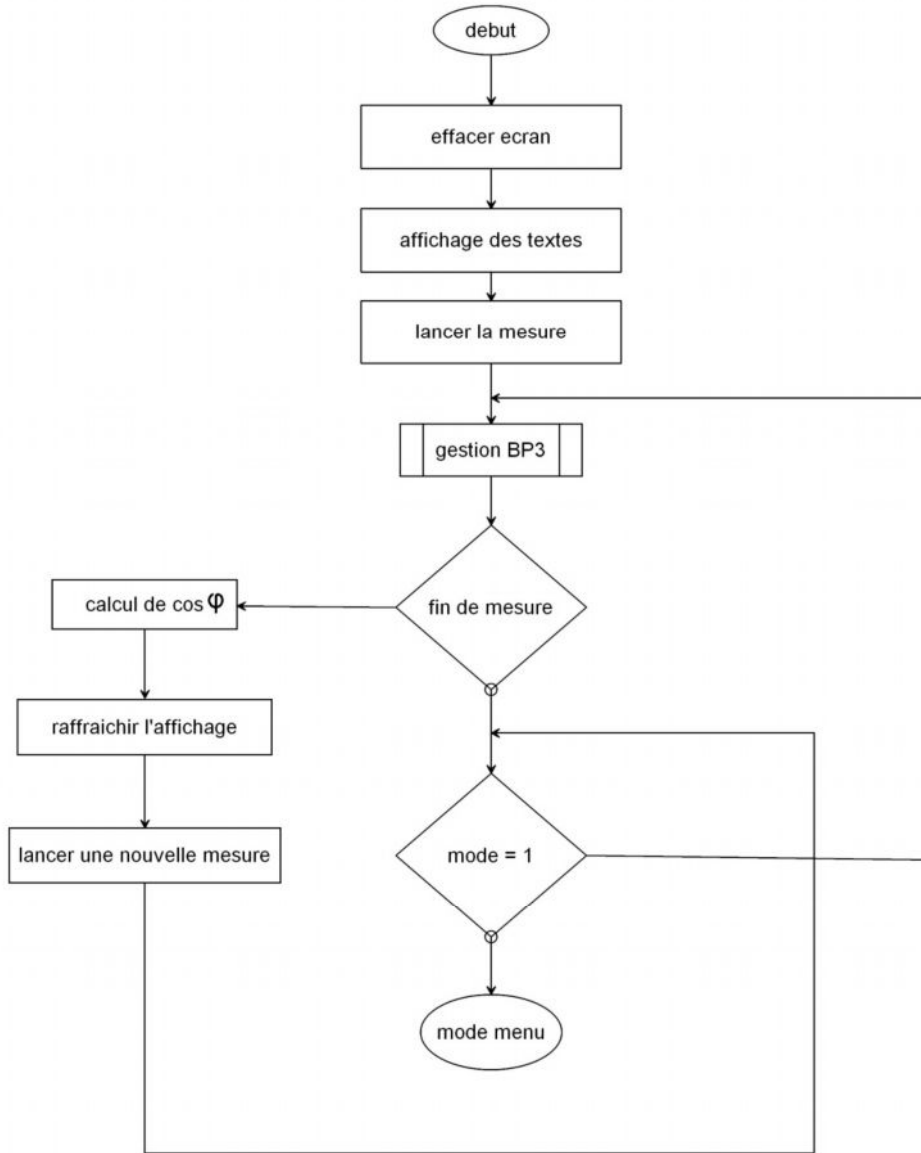
### Organigramme d'initialisation du pic



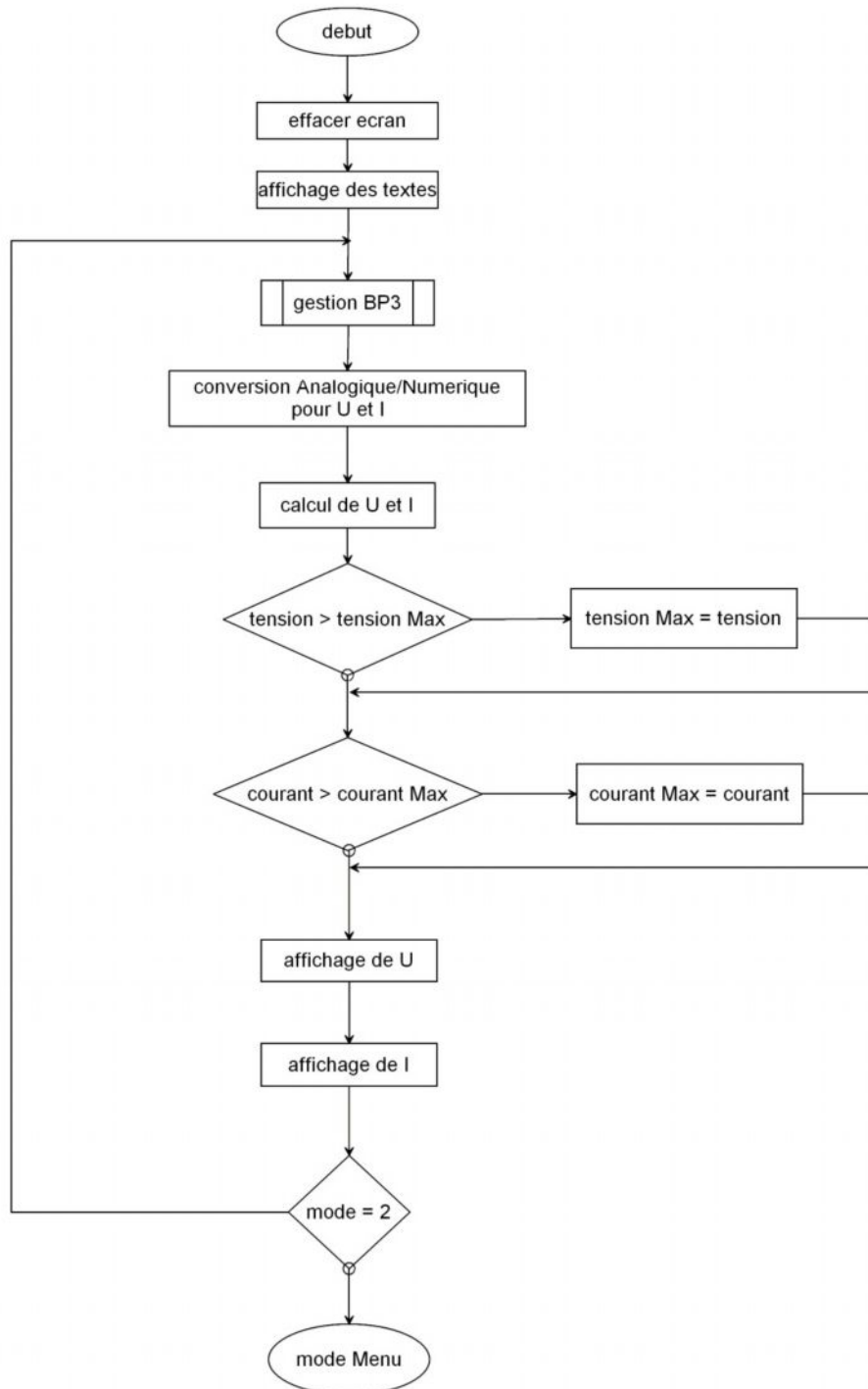
### Organigramme du déroulement du mode Menu



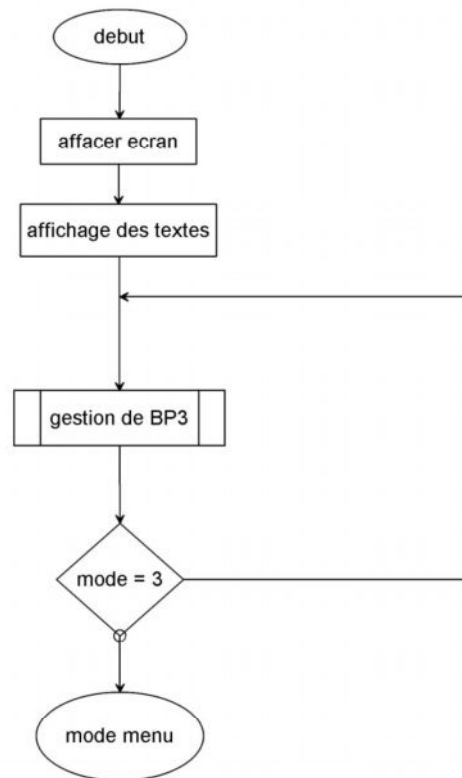
Organigramme du mode  $\cos \varphi$



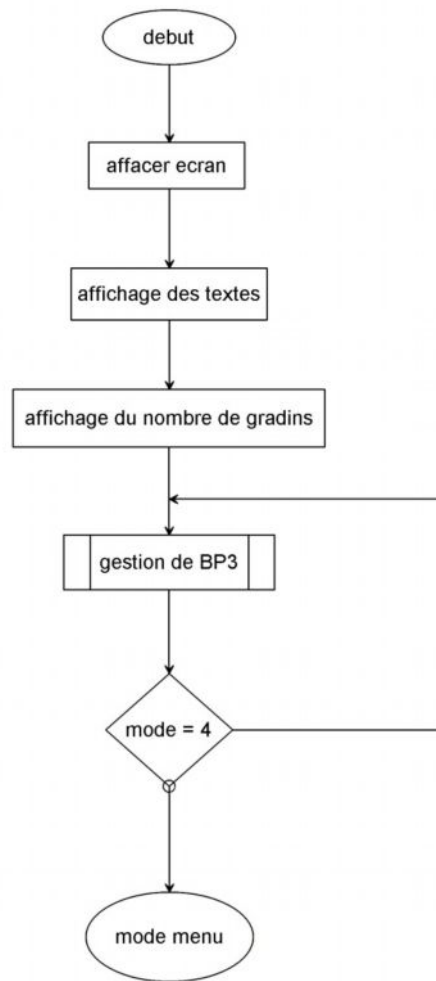
Organigramme du déroulement du mode U-I



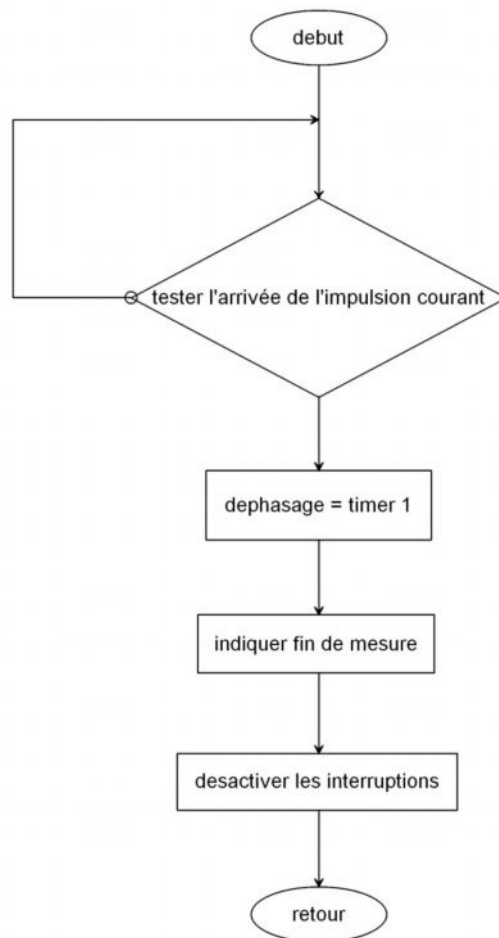
Organigramme de déroulement du mode temperature



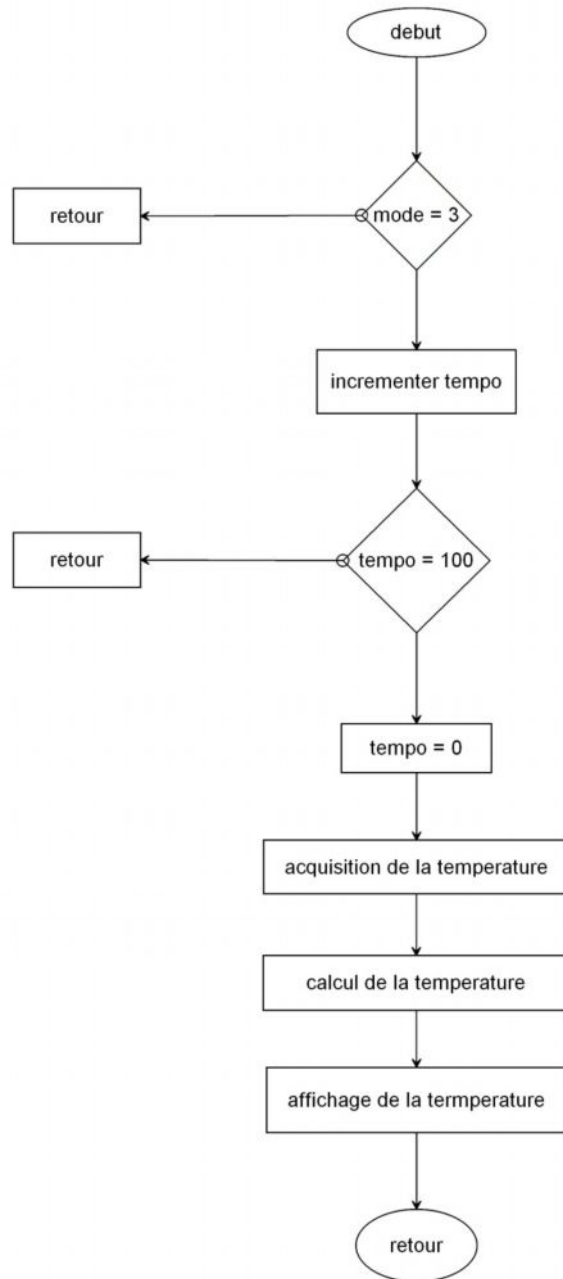
Organigramme de déroulement du mode gradin



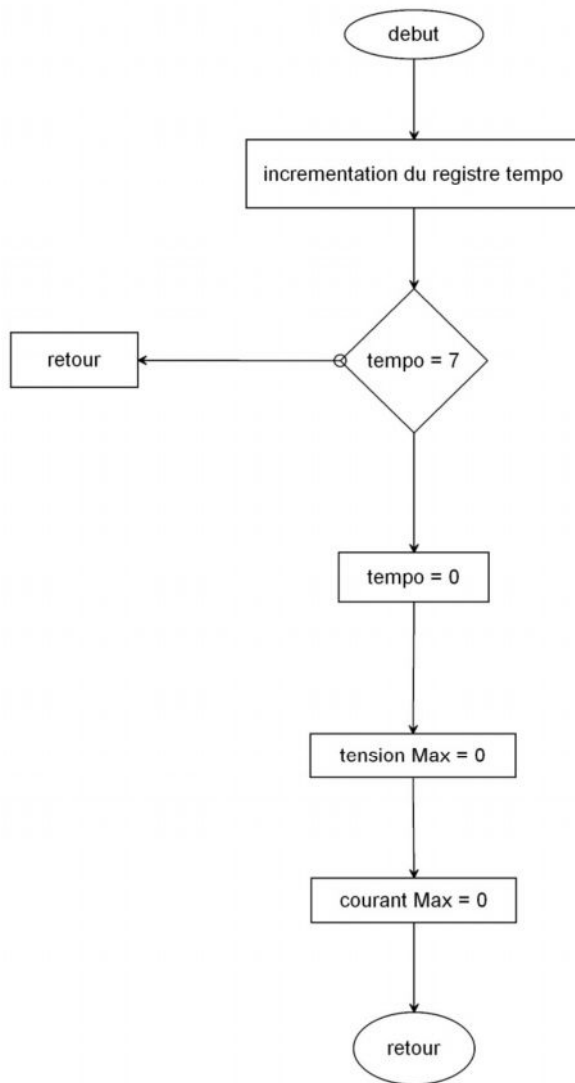
Organigramme du sous programme de l'interruption RB0



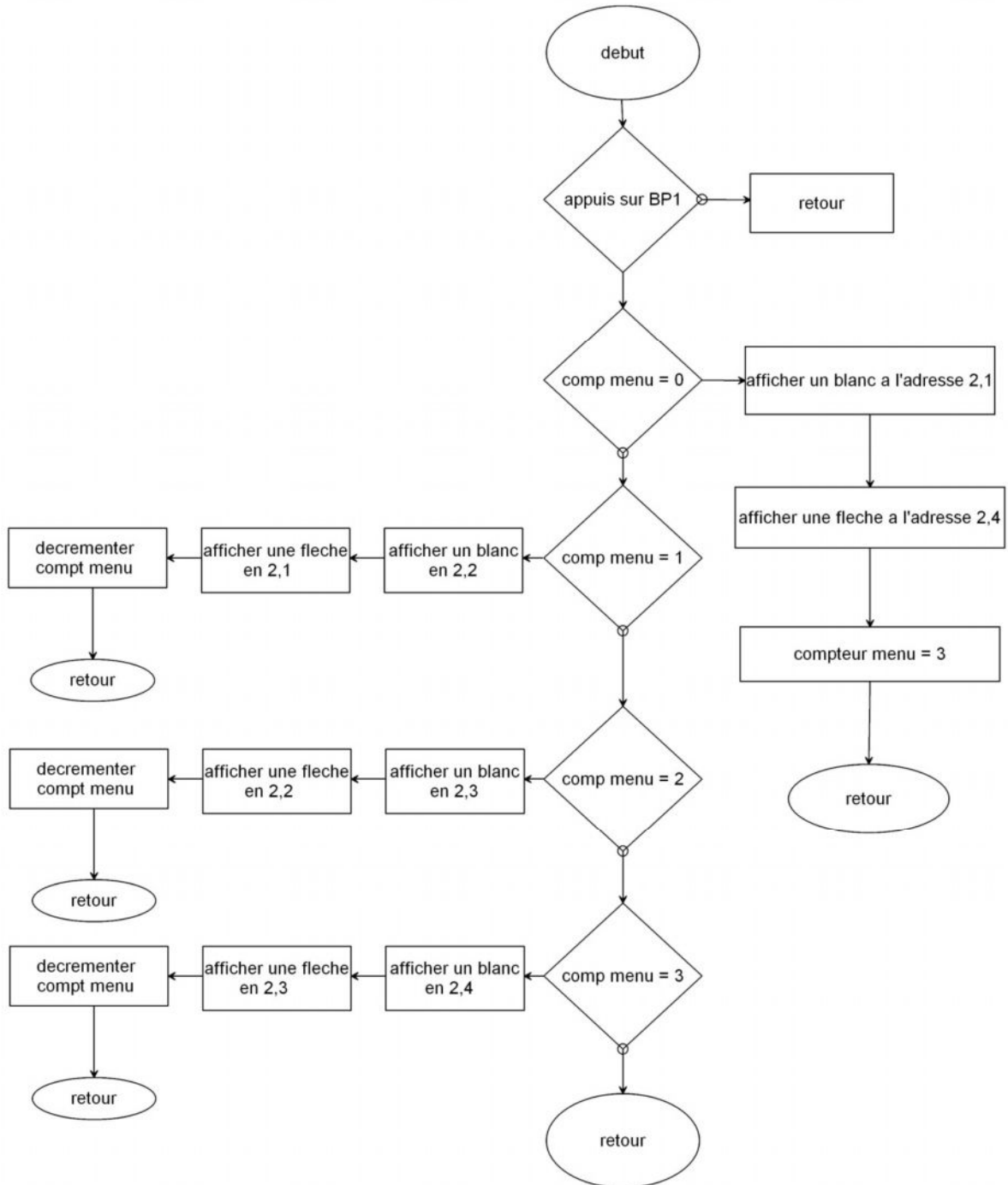
Organigramme du sous programme d'interruption de timer 2



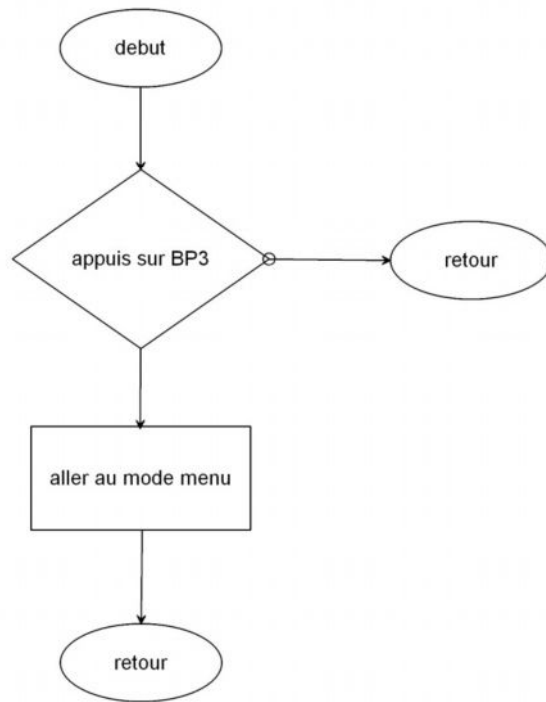
Organigramme du sous programme d'interruption de timer 3



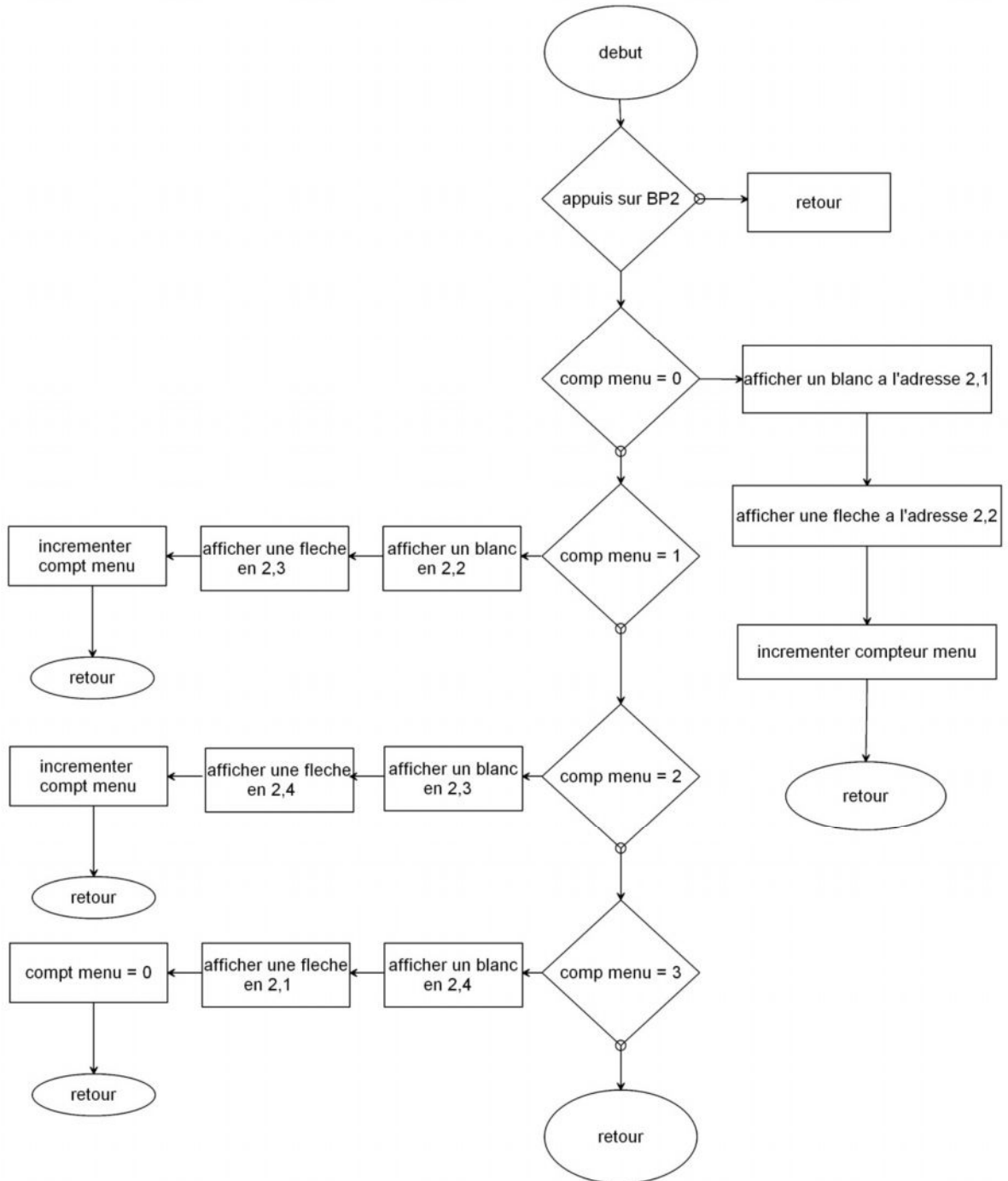
Organigramme du sous programme de gestion de BP1 en mode menu



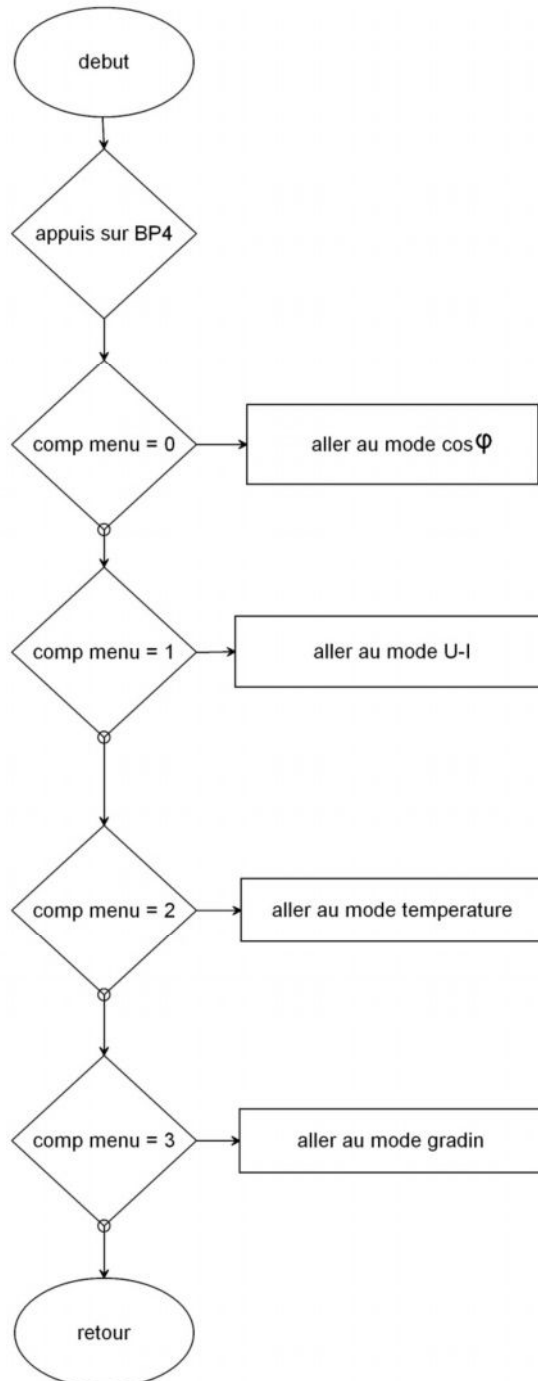
Organigramme de gestion du sous programme de BP3



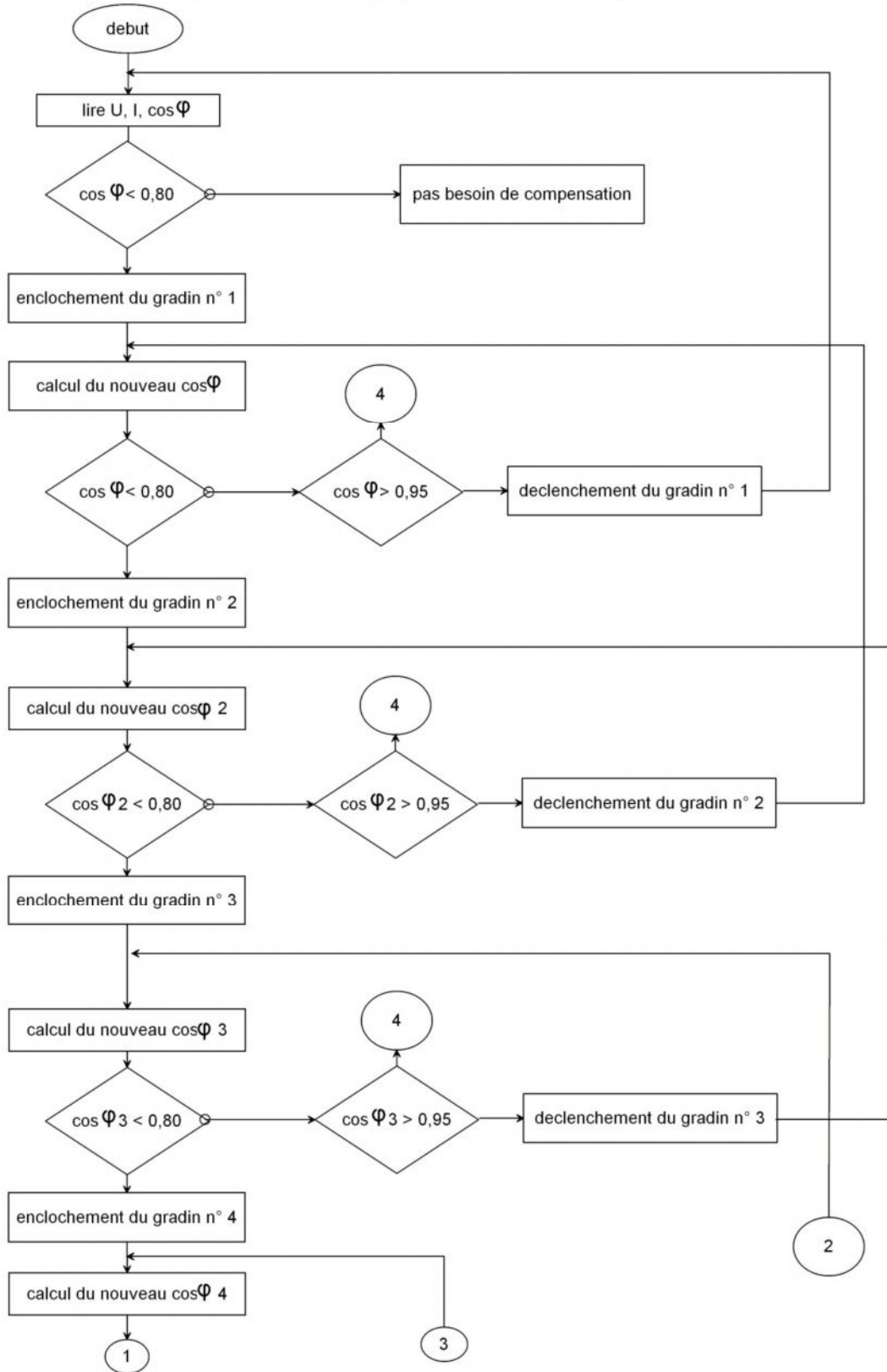
Organigramme du sous programme de gestion de BP2 en mode menu

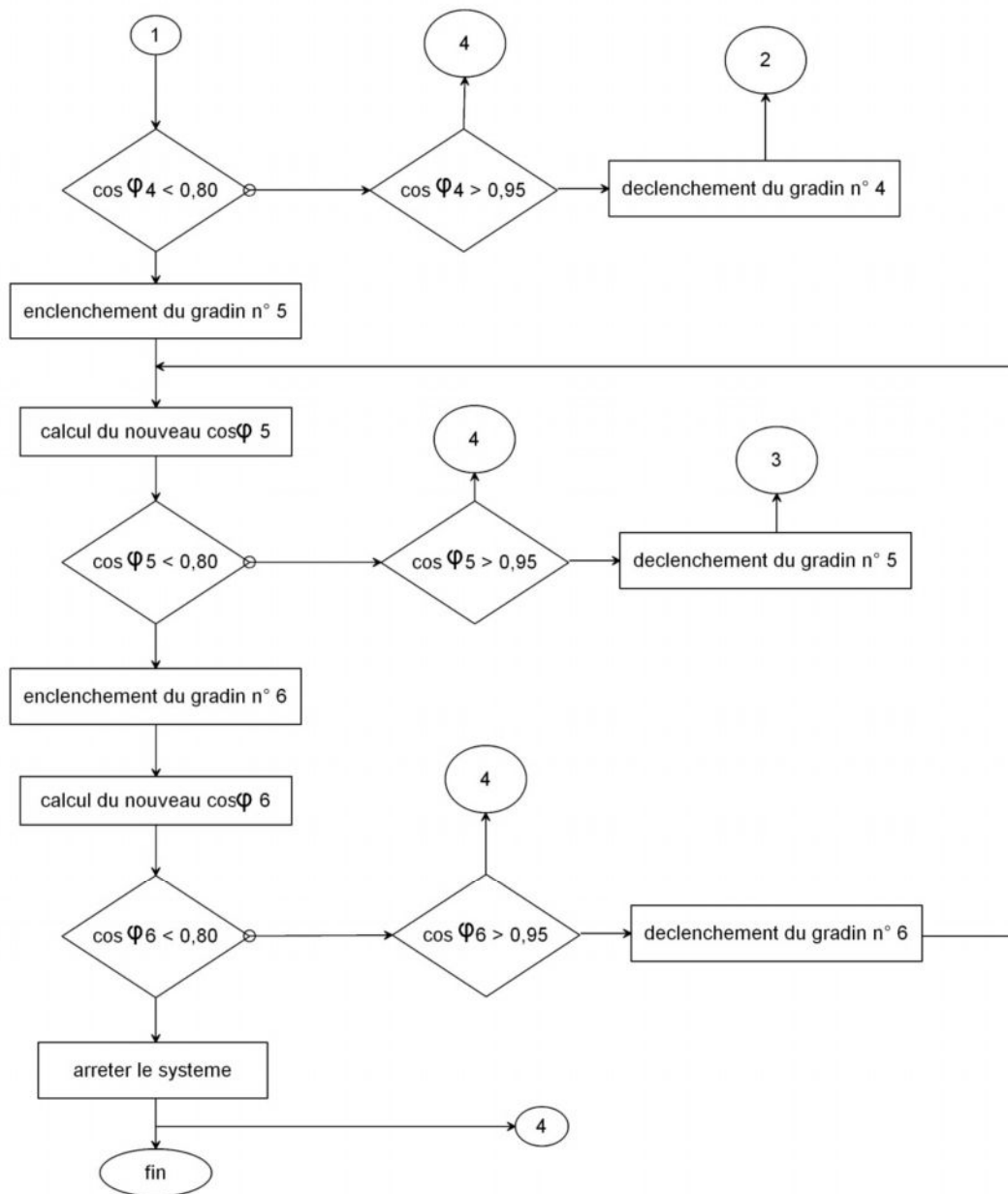


Organigramme du sous programme de gestion de BP4 en mode menu



Organigramme du sous programme de selection des gradins





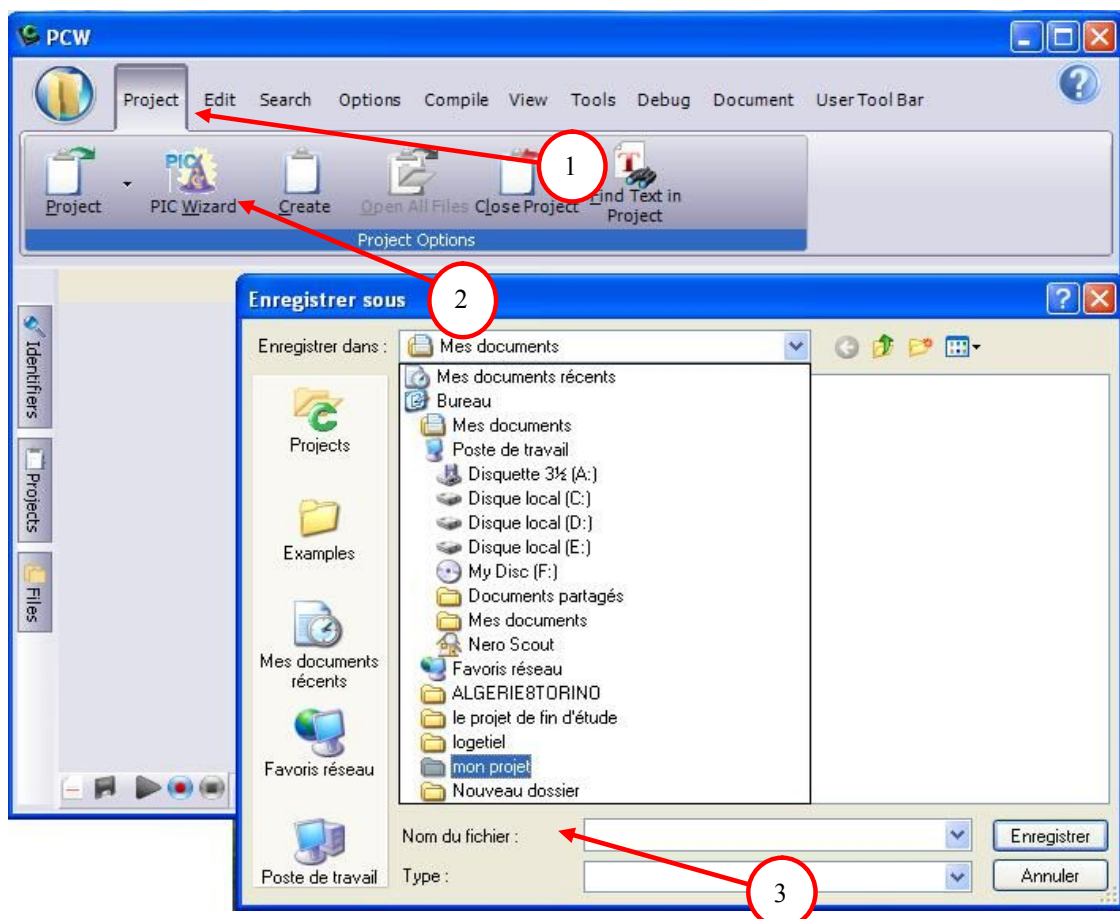
## IV.2.Ecriture et transfert du programme dans le PIC :

L'écriture du programme pour le PIC se fait dans le compilateur CCS avec le langage C, nous l'écrivons d'abord sous forme littéral, après la compilation, un fichier hexadécimal sera créé automatiquement et enfin on le transfère vers la mémoire du PIC en utilisant le logiciel ICprog.

### IV.2.1. Utilisation du logiciel CCS :( 8)

Pour l'écriture de code source du PIC, nous utilisons l'éditeur de texte du logiciel CCS. Ce logiciel que nous utilisons un fichier intégré d'aide à la mise en route (un Wizard) bien pratique. La figure1 donne le premier écran qu'on obtient après le lancement Le logiciel.

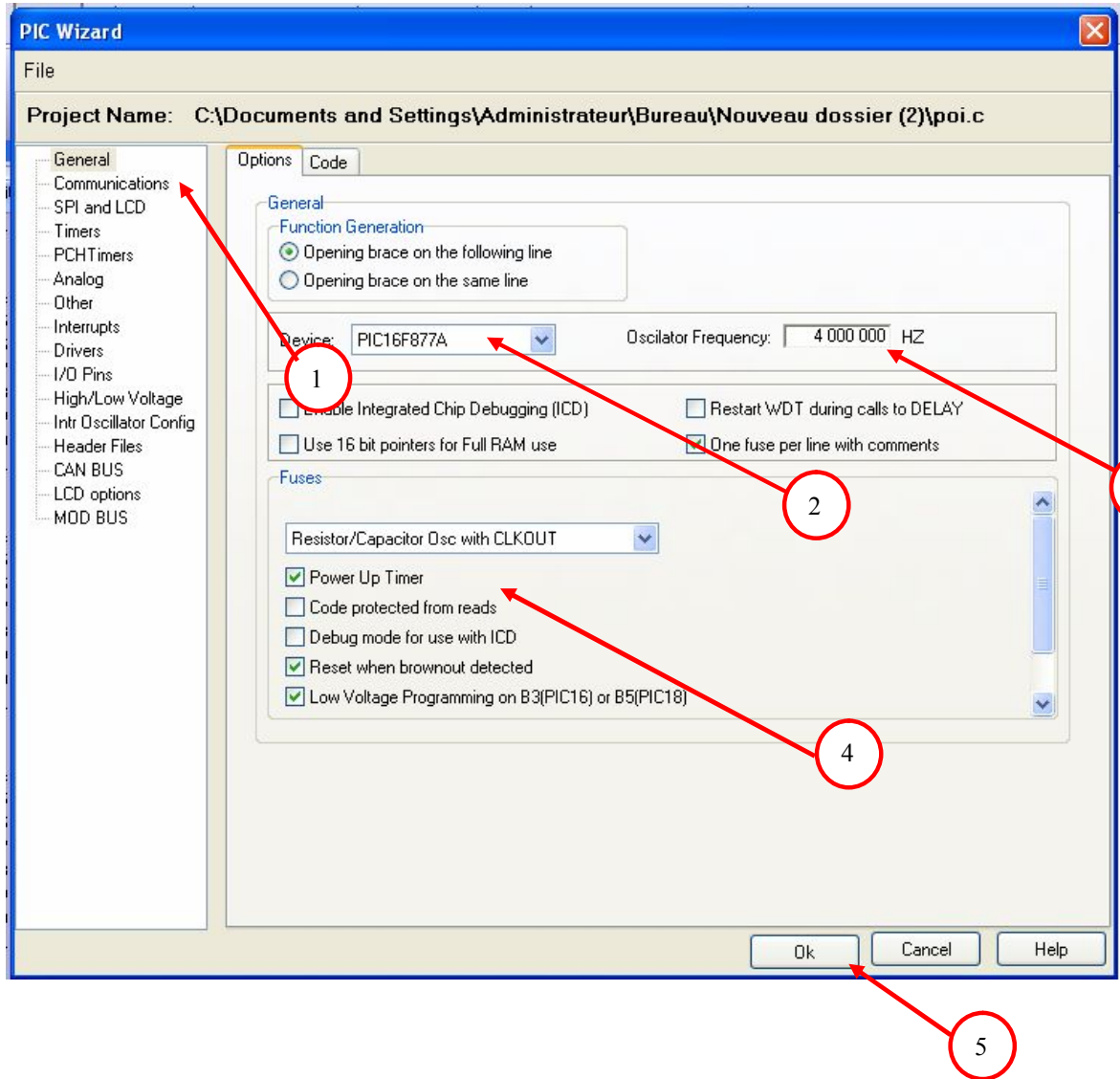
En créant un dossier vide où on registre le programme. Après On lance le logiciel et en cliquant sur les boutons « Projet », « PIC Wizard » simultanément ensuite il apparaît une fenêtre où le programme se registre (dossier vide).



**Figure IV.1 : Création et enregistrement du programme**

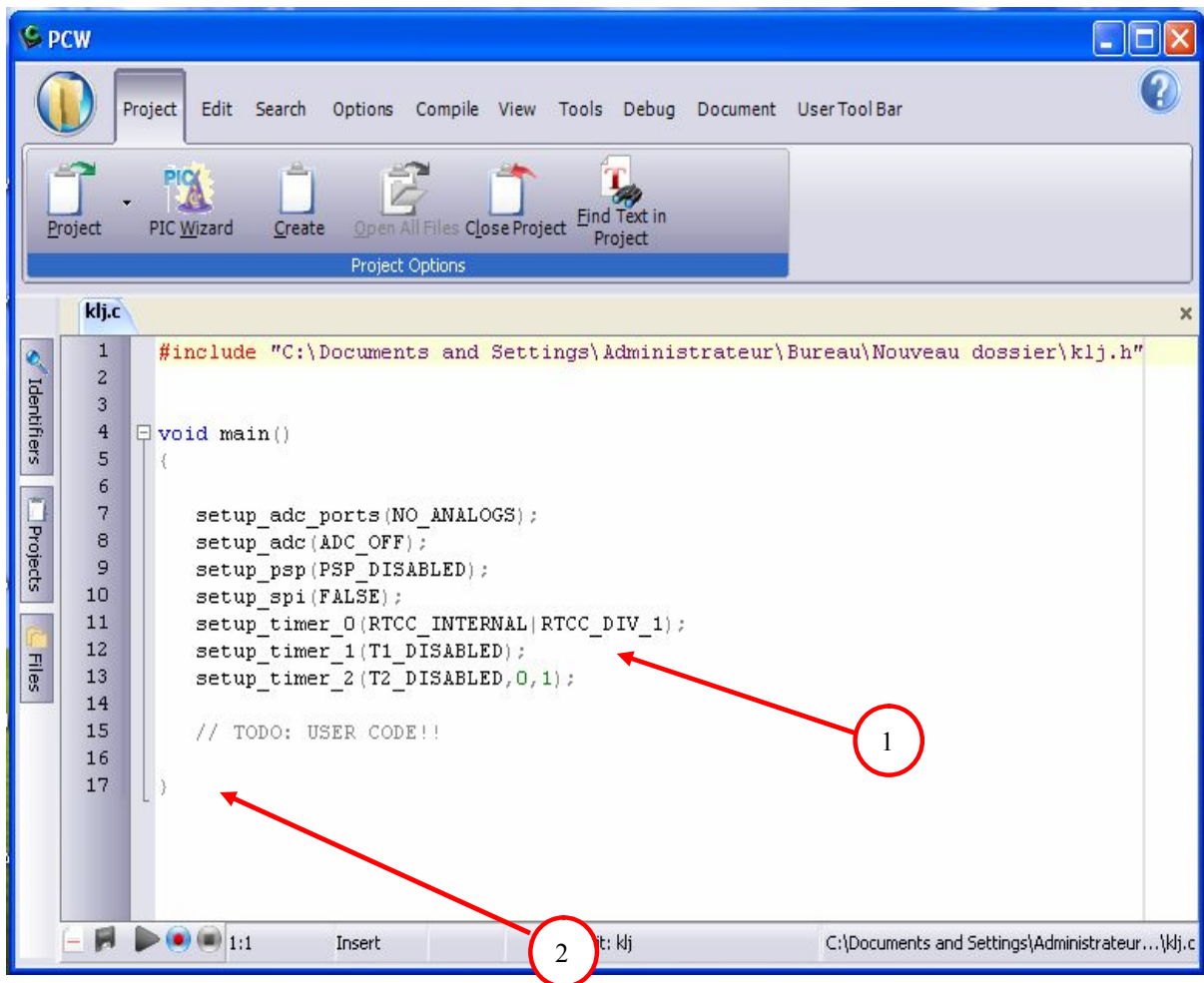
Ensuite il apparaîtra une fenêtre qui fait une configuration du PIC par le logiciel qui est constituée de deux parties : l'une (à gauche) pour choisir le bloc à configuration du PIC et

l'autre (à droite) comment le configurer, on prend l'exemple de la figure2 et sélectionnant le bouton « OK » après la configuration de tous les blocs qui existent.

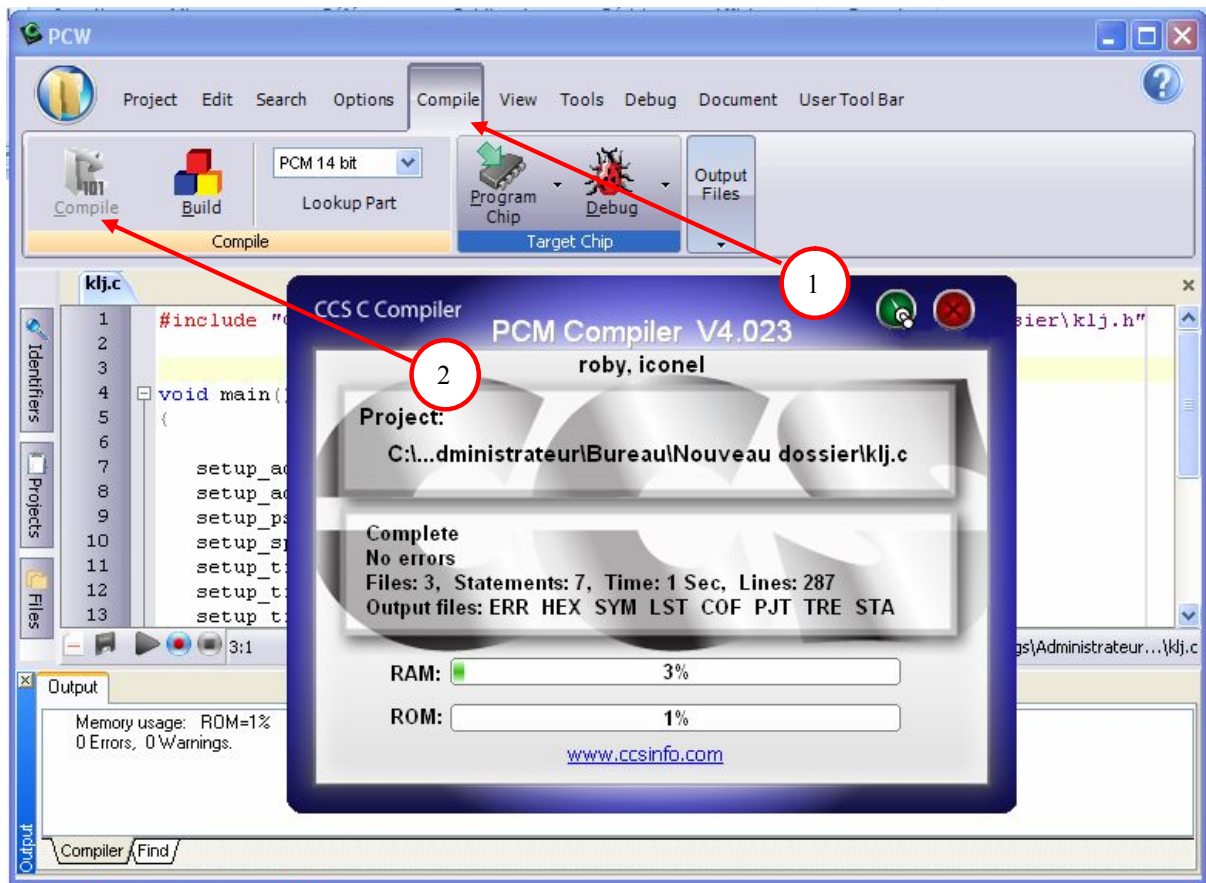


**Figure IV.2 : Configuration du PIC par logiciel**

En-fin il apparaîtra la dernière fenêtre où en faisant notre programme avec la partie du programme qu'est configuré par logiciel et on finit par la compilation telle qu'elles sont montrées :



*Figure IV.3 : Ecriture du programme*



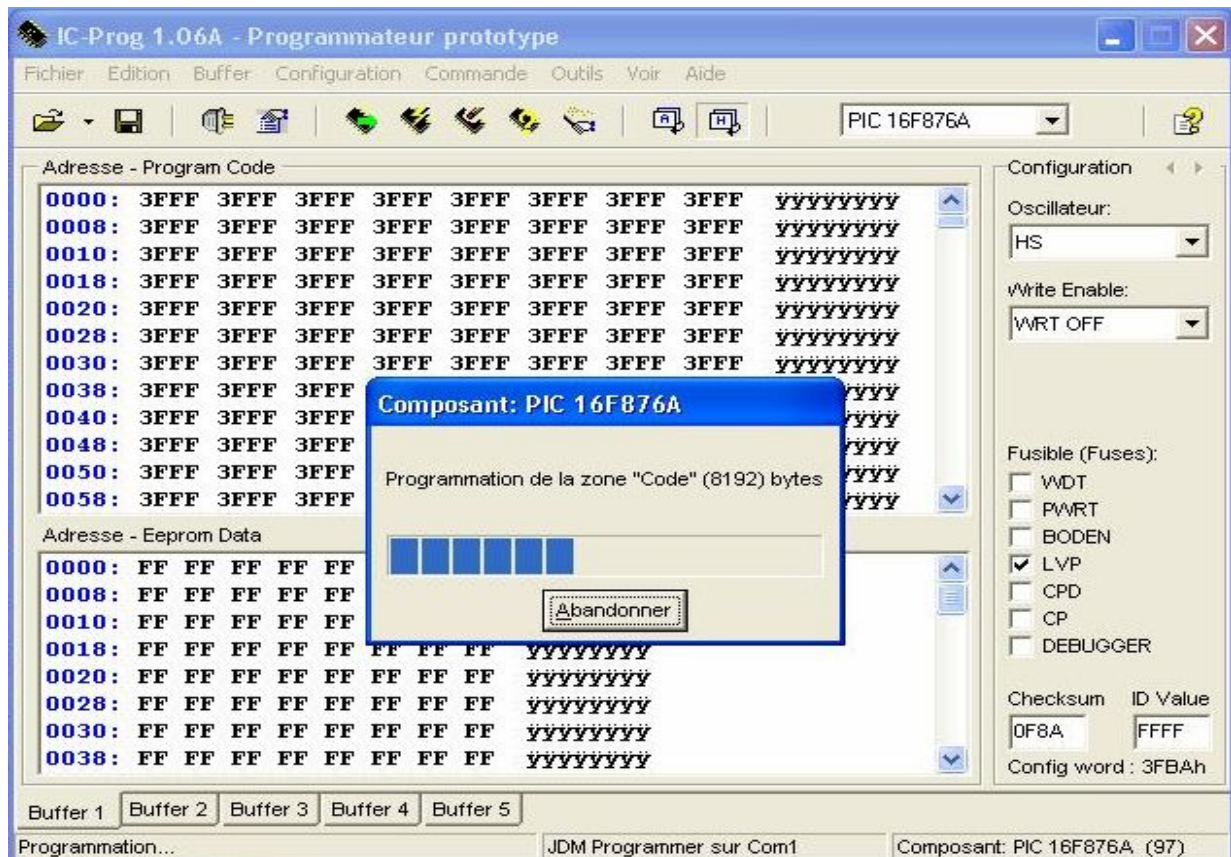
*Figure IV.4 : Compilation du programme.*

#### IV.2.2 IC Prog:

Pour le flashage du PIC on suit les étapes suivantes :

- 1-On place le PIC 18F458 sur le support de programmeur universel.
- 2-On branche le programmeur à l'unité centrale de micro-ordinateur et le mettre sous tension.

- 3-On lance le logiciel IC Prog.
- 4-On choisit le PIC (dans notre cas c'est le 18F458).
- 5-La configuration des paramètres de PIC sur le logiciel.



*Figure IV.5 Programmation du PIC sous IC-Prog*

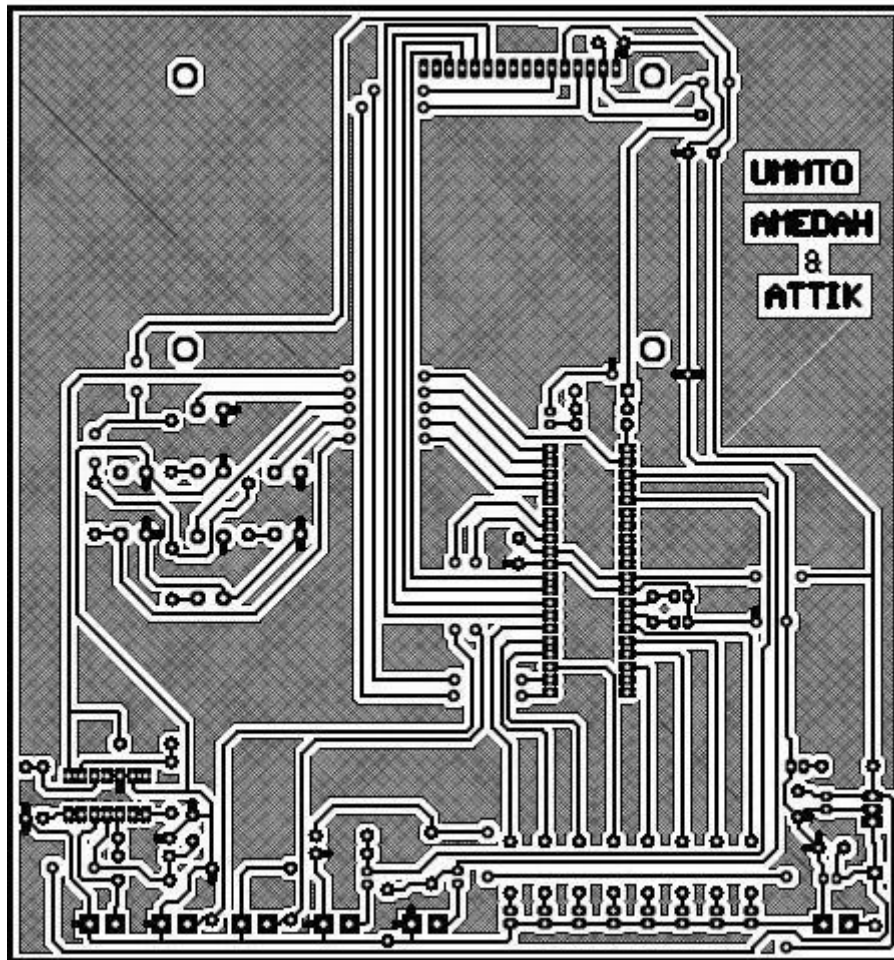
### IV.3. Réalisation pratique :

Pour la réalisation pratique on est passé par deux étapes essentielles :

- Réalisation des circuits imprimés.
- L'implantation des composants.

#### IV.3.1.Circuit imprimé de la carte de commande:

Le circuit imprimé est présenté à la figure ci-dessous, il est réalisé par le logiciel de routage et de simulation électronique <<ALTINIUM Designer V6, 9>>.



#### **IV-3-1-1- L'insolation :**

C'est une phase importante du processus de la réalisation d'un circuit imprimé.

Il faudrait bien vérifier les points suivants :

- Le bon plaquage du typon sur la face sensible de la plaque.
- Le sens du typon (Face Cuivré ou non).
- La durée de l'insolation.

#### **IV-3-1-2- La gravure :**

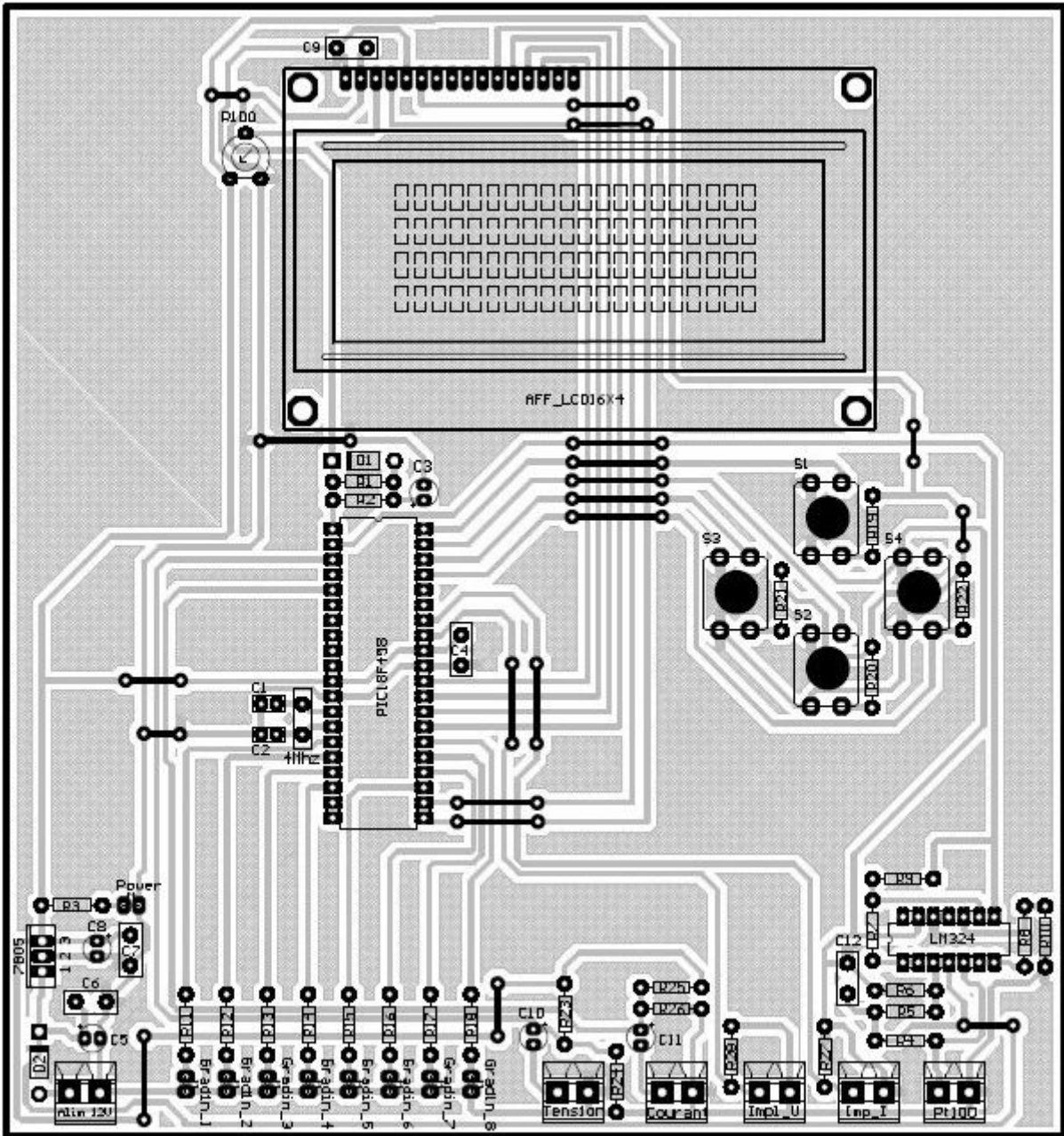
Cette étape consiste à plonger la plaque obtenue après insolation dans le révélateur pour éliminer la résine brûlée par les UV et après lavage de la plaque avec de l'eau, on la plonge dans un bain de perchlorure de fer afin d'éliminer le cuivre non protégé par la résine. Après avoir terminé on la rince à grande eau.

#### **IV-3-1-3- Le perçage :**

On fixe la plaque sur une planche en bois afin d'éviter tous mouvements de cette dernière pendant le perçage, et pour chaque diamètre des trous on choisit le foret qui convient.

### **IV.3.2. Implantation des composants de la carte de commande :**

Dans cette partie, on fait la présentation des composants sur la carte dans leur place.



**Conclusion.**

Après avoir montré la nécessité de la compensation de l'énergie réactive et de l'amélioration du facteur de puissance, nous avons décrit les principales méthodes utilisables pour atteindre ces objectifs.

Il s'avère que la meilleure méthode de compensation est la méthode statique qui consiste à mettre des batteries de condensateurs, gradins plus exactement, en parallèle avec la charge. Cette méthode est meilleure du côté économique (coût d'achat, durée de vie du condensateur....) et du côté technique (facilité de mise en œuvre, non consommation d'énergie active....).

Nous avons utilisé le microcontrôleur PIC18f458 comme unité de calcul assez performante du compensateur et de l'afficheur.

Nous avons conçu et réalisé un système capable de compenser le facteur de puissance de la raffinerie de sucre à CEVITAL. Il mesure l'intensité du courant, la tension, la température, le Cosinus Phi et le nombre de gradins enclenchés. Nous avons aussi présenté les différentes étapes à suivre lors du chargement du programme dans la mémoire du Pic, à l'aide des logiciels PIC CC et IC-PROG qui sont des outils de développement de la famille Microchip.

En perspective, la compensation du facteur de puissance (compensation de l'énergie réactive) est en actualité en Algérie, car les industries commencent à prendre soin de leurs installations, pour cela on espère que ce mémoire va aider les étudiants et les techniciens dans leurs travaux pour réaliser les différentes parties restantes du compensateur, tel que les circuits de protection.

# **Références Bibliographiques**

## Bibliographie

- (1) : Le magazine Schneider Electric de l'enseignement technologique et professionnel.
- (2) : Hamid Saada et Atmani Fatsah «Etude comparative de deux procédés de compensation de l'énergie réactive» Université de Bejaïa promotion 2003/2004.
- (3) (4) : CH.AIS et K. Hannouche «Etude de la compensation de l'énergie réactive de l'entreprise TRANS –BOIS» université de Bejaïa, mémoire de fin d'étude promotion 2004/2005.
- (6) (7) Bigonoff : la programmation des Pics édition 2002.
- Patrick gueulle : carte a puce, initiation application 2eme édition 2001 .nouvelle présentation.
- Pascal mayeux, *Apprendre la Programmation des PIC*, 3<sup>ème</sup> Edition, PARIS, DUNOD, 2005.
- Christian tavernier, *Programmation en C des PIC*, PARIS, L'USINE NOUVELLE, DUNOD, 2005.

### Documents internet :

(1) : [www.alpestechnologies.com](http://www.alpestechnologies.com)

ANNE CANTEAUT : Cours sur le langage C.

(5) : <http://abcelectronique.com/bigonoff>

HOLLARD Hervé : Site très intéressant proposant un cours complet sur la programmation des PIC en C avec CC5x :

[http://hhollard.club.fr/prog\\_pic\\_c.htm](http://hhollard.club.fr/prog_pic_c.htm)

IUFM de l'académie d'Aix-Marseille : un site qui regorge des cours et des exemples d'applications pour la programmation des PIC en C :

(6) : MICROCHIP :

<http://www.microchip.com>