

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMÉRI, 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 : Contrôle & Instrumentation

Thème:

**Etude et réalisation d'une carte de commande
universelle des convertisseurs d'énergie**

Proposé et dirigé par:

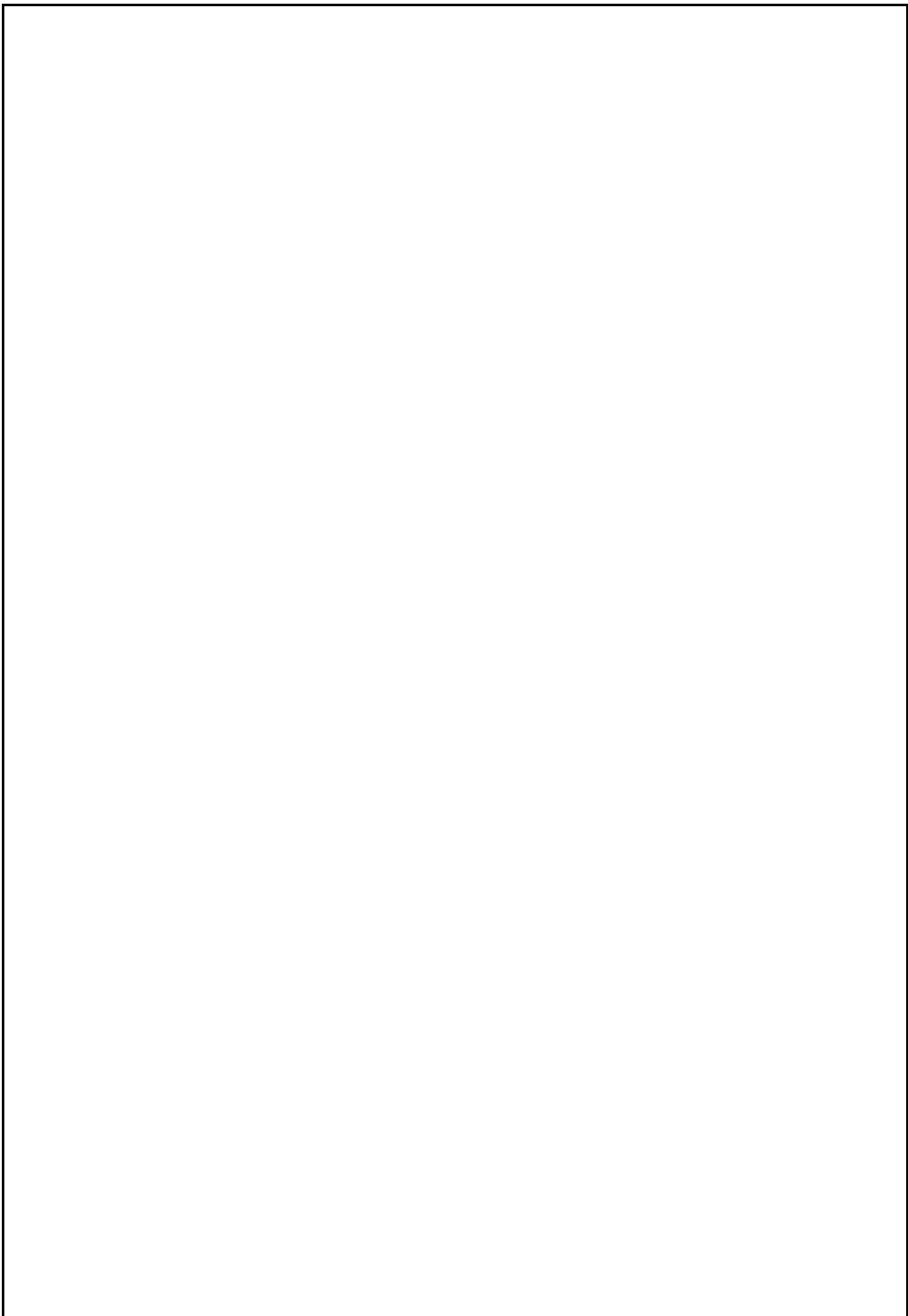
Mr : H.LAKHLEF

Etudié et réalisé par:

M^{elle} : S.DJOUADI

M^{elle} : k.FATHI

Promotion : 2010/2011.



Sommaire

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

Chapitre I : Convertisseur et machines

1. Introduction.....	04
2. Les transistors MOSFET.....	04
3. Les transistors IGBT.....	05
4. Les hacheurs.....	06
4.1 Hacheur série (dévolteur).....	07
4.2. Hacheur parallèle (survolteur).....	09
4.3. Applications des hacheurs série et parallèle : alimentation et freinage d'un moteur à courant continu à l'aide d'un hacheur réversible.....	10
5. Les onduleurs monophasé.....	10
6. Les machines à courant continu.....	11
6.1. Constitution de la machine à courant continu.....	12
6.1.1. L'inducteur ou stator.....	12
6.1.2. L'induit ou rotor.....	12
6.1.3. Le collecteur et les balais.....	12
6.2. Principe de fonctionnement de la machine C.C.....	13
6.3. Commande des convertisseurs.....	14
7. Rapport cyclique a.....	14
8. La modulation PWM.....	15
9. la modulation PFM.....	16
10 Représentation fréquentielle d'un signal PWM/PFM.....	16
11 Développement en séries de Fourier.....	16
12 L'utilisation du signal PWM /PFM pour la régulation.....	17
13 Principe de fonctionnement d'un régulateur PWM/PFM.....	18
14 Conclusion.....	19

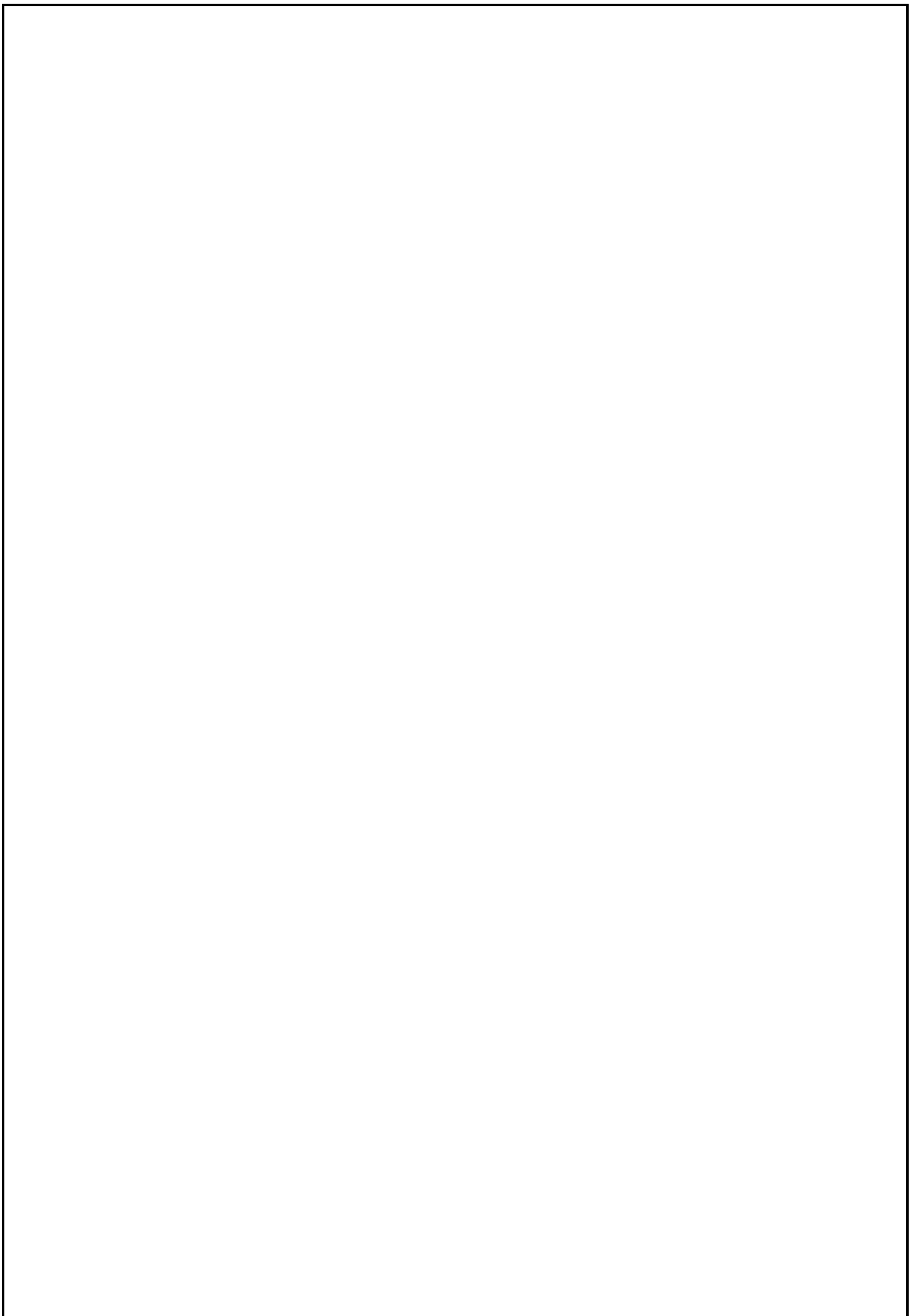
Chapitre II : Description de l'unité de commande

1. Introduction.....	20
2. Principe de fonctionnement de la carte.....	20
3. Les principaux composants et leur rôles.....	21
3.1. Le PIC 18F458.....	21
3.1.1. Généralités.....	21
3.1.2. Les éléments constitutifs du PIC.....	22
3.1.3. Circuit d'initialisation.....	23
3.1.4. Circuit d'horloge.....	24
3.1.5. Le convertisseur analogique.....	25
3.1.6. Fonctionnement d'une entrée du port de la conversion.....	26
3.1.7. Déroulement d'une conversion.....	27
3.1.8. Temps de conversion.....	27
3.1.9. Le temps d'acquisition.....	28

4. L'interface série RS232.....	28
4.1. Principe de transmission.....	29
4.2. Les données transmises par le port série	29
4.3. Définition des procédés utilisés dans le fonctionnement de la RS 232.....	30
4.4. Communication série entre PC et PIC.....	31
5. Le circuit intégré MAX232.....	31
6. Le connecteur DB9.....	32
7. Afficheur LCD.....	33
7.1. Schéma synoptique d'un afficheur.....	34
7.2. Fonctionnement de l'afficheur LCD.....	35
7.3. Commande d'un afficheur LCD.....	35
8. Les différents modes d'entrées.....	36
8.1. L'entée analogique.....	36
8.2. L'entrée numérique.....	36
8.3. Entrée manuel.....	37
9. Isolation galvanique.....	37
9.1. Principe d'isolation.....	38
9.2. L'optocoupleur.....	38
9.3. Le circuit intégré CNY17.....	38
9.4. Solution temps mort.....	40
10. Driver pour transistors.....	40
10.1. Caractéristiques d'un driver.....	41
10.2. Classification des drivers.....	42
10.3. Driver de MOSFET et IGBT.....	43
11. Conclusion.....	43

Chapitre III : Programme de commande

1. Introduction.....	44
2. Le langage C et son compilateur CCS.....	44
2.1 Le compilateur CCS.....	44
3. Programme de commande.....	54
3.1 Organigramme principale.....	54
3.2 Interprétation du programme de commande.....	56
3.2.1 Le bouton poussoir de sélection.....	57
3.2.2 Le bouton poussoir choix de programme.....	57
3.2.3 Le bouton poussoir incrémenté.....	57
3.2.4 Bouton poussoir décrémenté.....	57
4. Conclusion.....	57



Chapitre IV : Simulation ~~et~~ réalisation et tests

1. Introduction.....	58
2. Mise en œuvre.....	58
3. Schéma électrique de la carte.....	58
4. Le circuit imprimé.....	59
5. Simulation et tests.....	61
6. Application sur les hacheurs deux quadrants.....	63
7. Conclusion.....	67
Conclusion générale.....	68

Résumé

L'électronique de puissance, que l'on devrait ailleurs nommer « électronique de conversion d'énergie » a moins de 50 ans. Elle a connu un tel essor qu'aujourd'hui près de 15% de l'énergie électrique produite est convertie sous une forme ou une autre. Au cours de ces années la taille, le poids et le coût des convertisseurs n'ont fait que diminuer, en grande partie grâce aux progrès faits dans le domaine des interrupteurs électronique. C'est une électronique de commutation dont la préoccupation est de générer une transmission de la puissance dans des convertisseurs, grâce à une commande composée de signaux électroniques.

La commande des convertisseurs se fait à partir d'un composant analogique (amplificateur opérationnel) ou numérique (PIC, DSP, FPGA), on obtient ainsi les signaux qui vont aller vers les composants de puissances.

Les composants reliant la petite puissance des signaux de commande à la forte puissance obtenue par commutation dont les transistors MOS ou IGBT se présentent comme des interfaces ou drivers.

Notre mémoire a pour ambition de présenter de la manière la plus complète possible, le fonctionnement et les caractéristiques concernant les principaux convertisseurs :

- Hacheurs à transistors (IGBT, MOSFET).
- Onduleurs monophasé à transistors.

Vu le développement de l'électronique numérique on a opté à la réalisation d'une commande digitale qui assure la génération d'un signal carré à rapport cyclique variable, c'est le principe de modulation de largeur d'impulsion(PWM) ou de fréquence d'impulsion(PFM).

En effet cette modulation est réalisée par plusieurs méthodes, mais celle exploitée dans notre projet impose des paramètres bien précis ; rapport cyclique variable dans une plage de 2.25% à 97.5% ainsi que une fréquence variable dont on doit limiter sa valeur minimale, c'est bien que le choix du pic comme source de génération de ce signal PWM/PFM est indispensable.

Le microcontrôleur 18F458 de la famille microchip, sera utilisé afin de faire la mise en forme et la génération des signaux nécessaires à la commande. Ce pic dispose de nombreux modules permettant de réaliser diverses applications telles que la conversion analogique/numérique, la gestion de l'afficheur ainsi que le module CCP (PWM /PFM). Afin que le microcontrôleur puisse les réaliser, on doit configurer les registres c'est-à-dire mettre les bits de ceux-ci à « 1 » ou à « 0 » en les programmant en langage C. Ce programme

est écrit puis compiler avec le logiciel CCS de C. Ce dernier est spécialisé dans la programmation des Pics, dispose d'un répertoire de fonctions prédéfinies qui configurent automatiquement les différents registres nécessaires à l'opération désirée, l'utilisation de ces fonctions prédéfinies facilite la programmation.

Le présent document s'articulera autour de quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous exposerons les généralités sur les convertisseurs et machines, nous introduisons aussi le principe de la modulation de largeur d'impulsion et la modulation de fréquence d'impulsion.

Cependant, le second chapitre sera consacré à la description des différents blocs de l'unité de commande.

En suite l'interprétation du programme de commande sera faite dans le troisième chapitre.

Enfin, dans le quatrième chapitre nous présenterons la réalisation pratique, les différents résultats de simulation et les différents tests effectués.

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'électronique de puissance, que l'on devrait ailleurs nommer « électronique de conversion d'énergie » a moins de 50 ans. Elle a connu un tel essor qu'aujourd'hui près de 15% de l'énergie électrique produite est convertie sous une forme ou une autre. Au cours de ces années la taille, le poids et le coût des convertisseurs n'ont fait que diminuer, en grande partie grâce aux progrès faits dans le domaine des interrupteurs électronique. C'est une électronique de commutation dont la préoccupation est de générer une transmission de la puissance dans des convertisseurs, grâce à une commande composée de signaux électroniques.

La commande des convertisseurs se fait à partir d'un composant analogique (amplificateur opérationnel) ou numérique (PIC, DSP, FPGA), on obtient ainsi les signaux qui vont aller vers les composants de puissances.

Les composants reliant la petite puissance des signaux de commande à la forte puissance obtenue par commutation dont les transistors MOS ou IGBT se présentent comme des interfaces ou drivers.

Notre mémoire a pour ambition de présenter de la manière la plus complète possible, le fonctionnement et les caractéristiques concernant les principaux convertisseurs :

- Hacheurs à transistors (IGBT, MOSFET).
- Onduleurs monophasé à transistors.

Vu le développement de l'électronique numérique on a opté à la réalisation d'une commande digitale qui assure la génération d'un signal carré à rapport cyclique variable, c'est le principe de modulation de largeur d'impulsion(PWM) ou de fréquence d'impulsion(PFM).

En effet cette modulation est réalisée par plusieurs méthodes, mais celle exploitée dans notre projet impose des paramètres bien précis ; rapport cyclique variable dans une plage de 2.25% à 97.5% ainsi que une fréquence variable dont on doit limiter sa valeur minimale, c'est bien que le choix du pic comme source de génération de ce signal PWM/PFM est indispensable.

Le microcontrôleur 18F458 de la famille microchip, sera utilisé afin de faire la mise en forme et la génération des signaux nécessaires à la commande. Ce pic dispose de nombreux modules permettant de réaliser diverses applications telles que la conversion analogique/numérique, la gestion de l'afficheur ainsi que le module CCP (PWM /PFM). Afin que le microcontrôleur puisse les réaliser, on doit configurer les registres c'est-à-dire mettre les bits de ceux-ci à « 1 » ou à « 0 » en les programmant en langage C. Ce programme est écrit puis compiler avec le logiciel CCS de C. Ce dernier est spécialisé dans la programmation des Pics, dispose d'un répertoire de fonctions prédéfinies qui configurent automatiquement les différents registres nécessaires à l'opération désirée, l'utilisation de ces fonctions prédéfinies facilitent la programmation.

Le présent document s'articulera autour de quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous exposerons les généralités sur les convertisseurs et machines, nous introduisons aussi le principe de la modulation de largeur d'impulsion et la modulation de fréquence d'impulsion.

Cependant, le second chapitre sera consacré à la description des différents blocs de l'unité de commande.

En suite l'interprétation du programme de commande sera faite dans le troisième chapitre.

Enfin, dans le quatrième chapitre nous présenterons la réalisation pratique, les différents résultats de simulation et les différents tests effectués.

CONVERTISSEURS ET MACHINES

I.1 Introduction

Il est possible d'envisager toutes sortes de convertisseurs, à partir des sources à courant continu, pour transférer de la puissance vers des machines à courant continu ou courant alternatif.

Pour faire varier la vitesse d'un moteur à travers un convertisseur à base d'interrupteur (IGBT ou MOSFET). Le transistor est commandé via sa grille avec un signal carré à rapport cyclique variable, qui permet de varier la valeur moyenne de signal en sortie dans le but de varier la vitesse de la machine. Pour notre application nous avons utilisé une machine à courant continu.

I.2 Les transistors MOSFET

La structure Métal-Oxyde-Semi-Conducteur (MOS) est une structure très répandue en microélectronique et en électronique de puissance car elle constitue une partie fondamentale des Switch.

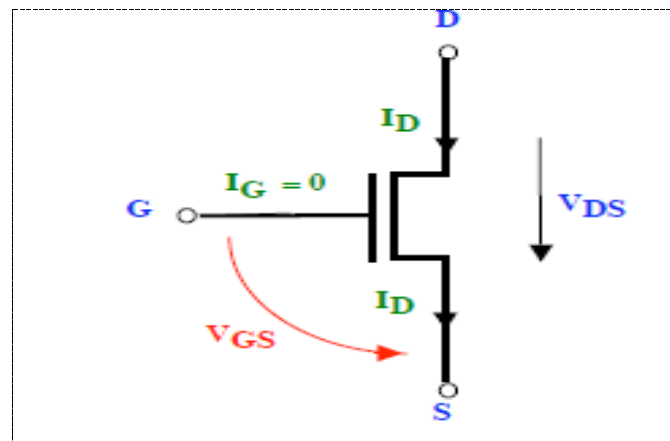


Figure I.1 Symbole du MOSFET

Le MOSFET est un dispositif symétrique à diodes polarisées en inverse et souvent une source reliée au substrat. Vu les caractéristiques précédentes ces transistors ont un principe de fonctionnement bien précis. Il apparaît un champ électrique entre le Drain et la Source ce qui est dû au déplacement des électrons dans le canal.

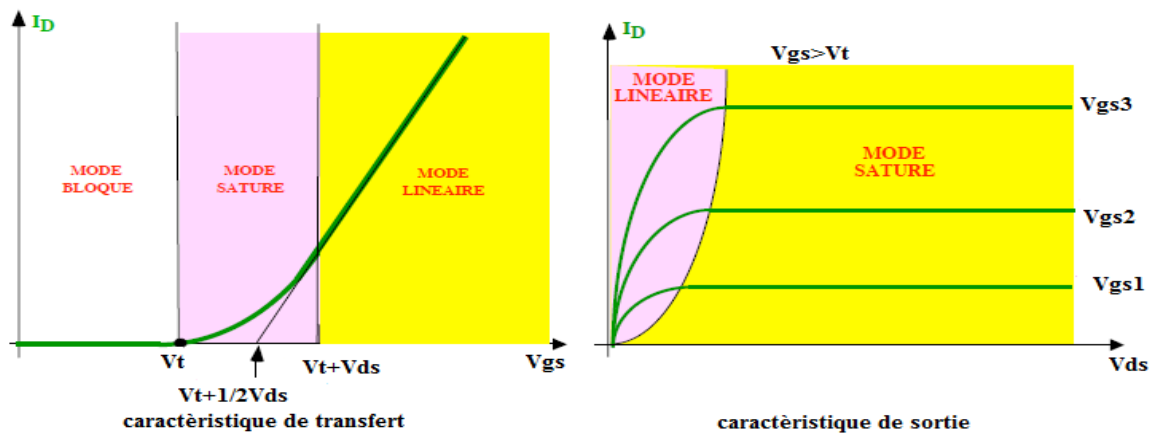


Figure I.2 Caractéristique du transistor MOSFET

I. 3 Les transistors IGBT :

L'IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) est un transistor bipolaire à porte isolée. Il associe les avantages des transistors bipolaires (tension et courant élevés), et ceux des transistors MOSFET (rapidité des commutations, énergie de commande faible).

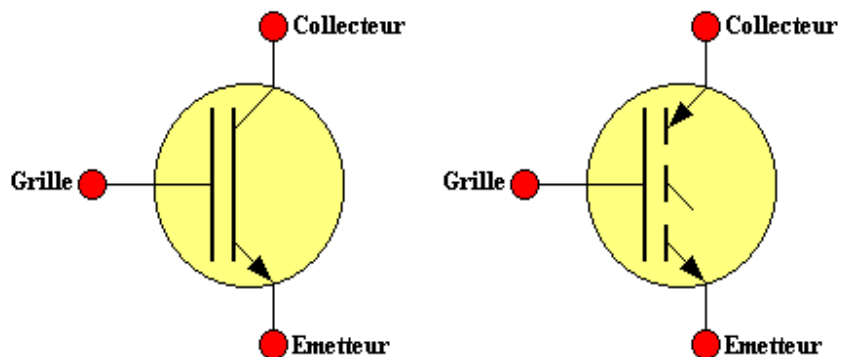


Figure I.3 Synbole d'un IGBT

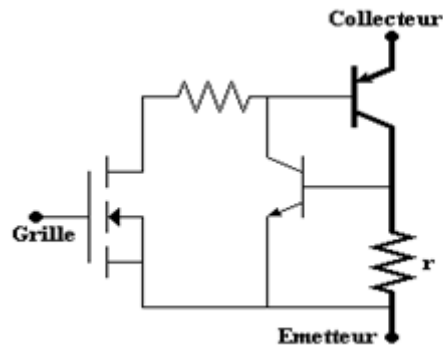


Figure I.4 Schéma équivalent d'un IGBT

Le transistor NPN ne conduit normalement pas, la tension aux bornes de la résistance r étant insuffisante. Dans le cas où il entre accidentellement en conduction, il y a perte de contrôle de l'IGBT. En effet, l'association des deux transistors est équivalente à un thyristor. Le blocage ne peut avoir lieu que lorsque le courant principal s'annule. L'IGBT présente l'inconvénient d'un blocage moins rapide que le MOSFET, ce qui limite la fréquence de commutation à quelques dizaines de kHz.

I.4 Les hacheurs :

Le hacheur réalise la conversion continu-continu. Son principal domaine d'application est l'alimentation des machines à courant continu, en vue d'obtenir une vitesse variable. Plusieurs structures de convertisseurs peuvent être envisagées, selon le sens souhaité de transfert de l'énergie électrique, c'est-à-dire selon que la machine fonctionnera en moteur ou en génératrice.

Si la tension délivrée en sortie est inférieure à la tension appliquée en entrée, le hacheur est dit dévolteur (abaisseur de tension). Dans le cas contraire, il est dit survolteur (élevateur de tension). On se contentera d'indiquer les types de montages les plus utilisés ainsi que quelques applications. Ces montages utiliseront principalement des interrupteurs unidirectionnels statiques.

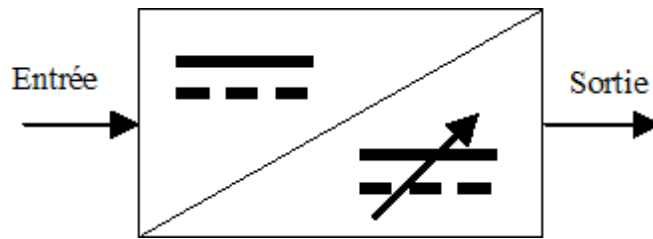


Figure I.5 Schéma de principe du hacheur

I.4.1 Hacheur série (dévolteur) :

Le schéma de principe du hacheur série est donné à la figure ci-dessous. On considère l'interrupteur I et la diode D_r parfaits, la charge doit être une source de courant (par exemple une machine à courant continu). L'utilisation de ce montage est essentiellement destinée pour la commande en vitesse (ou en position) de ces machines. Elle peut aussi servir comme source d'alimentation (exemple alimentation à découpage).

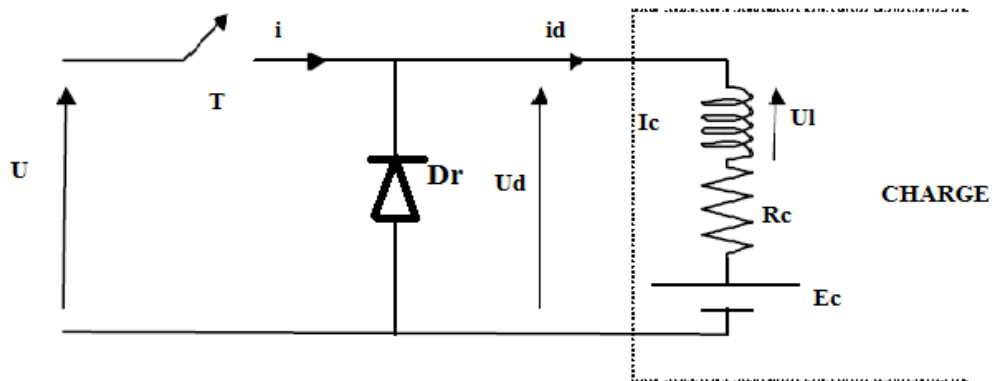


Figure I.6 Hacheur série

- A $t=0$, I est enclenché (passant) pendant un temps αT , alors : $u_d = U$
- Entre αT et T ($\alpha T < t < T$), I est ouvert.
On a alors : $i=0$ et le courant i_d circule à travers la diode D (diode de roue libre).
Donc : $u_d=0$ tant que la diode D conduit, le courant $i_d(t)$ non nul.
- Lorsque $i_d(t)$ s'annule, la diode se bloque et : $u_d(t) = E_C$
On distingue donc deux types de fonctionnement selon que le courant $i_d(t)$ est interrompu ou non.

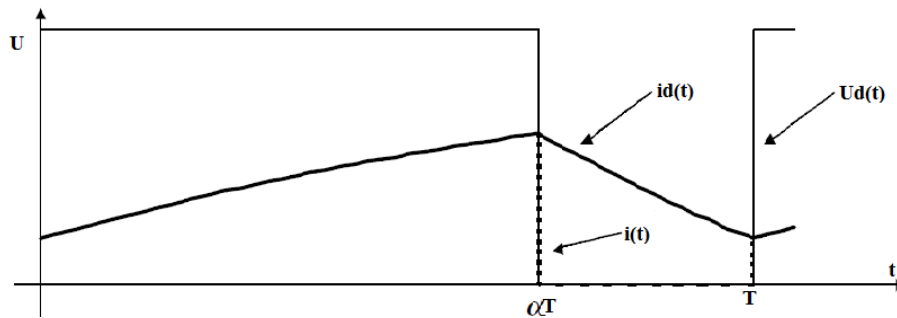


Figure I.7 Hacheur série-conduction continue

La valeur moyenne de $U_d(t)$ vaut : $U_{d0} = \frac{1}{T} \int_0^{\alpha T} U \cdot dt = \alpha U$

Remarque : La FEM* E_c de la charge et la valeur moyenne I_{d0} du courant $i_d(t)$ sont liés par :

$$U_{d0} = E_c + R_c I_{d0}$$

Si la charge est une batterie (E_c est imposé par la charge), cette relation définit I_{d0} .

Si la charge est un moteur à courant continu, cette relation fixe E_c (et donc la vitesse du moteur car $E_c = k\Omega$ (Ω en rad/s), sachant que I_{d0} dépend du couple du moteur M ($M=KI$).

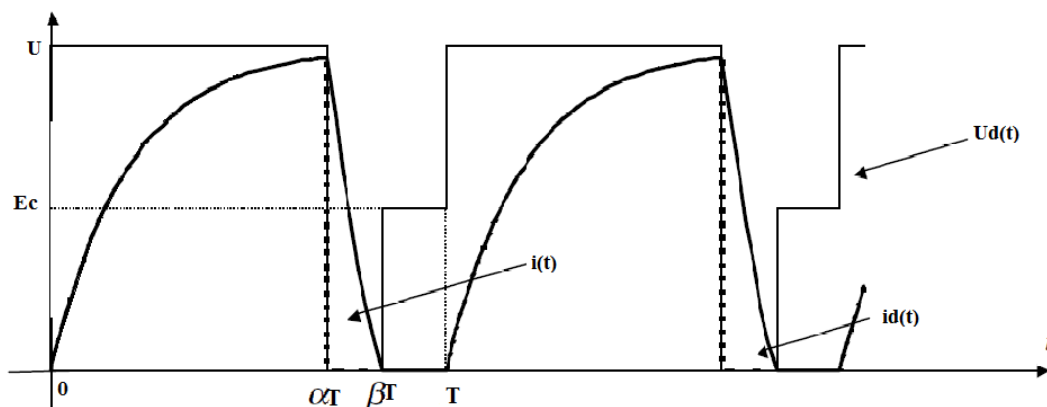


Figure I.8 Hacheur série-conduction discontinue

Dans ce cas la valeur moyenne vaut : $U_{d0} = \frac{1}{T} \left\{ \int_0^{\alpha T} U \cdot dt + \int_{\beta T}^T E_c \cdot dt \right\} = \alpha U + (1 - \beta) E_c$

Dans les deux cas de fonctionnement, on voit que la valeur moyenne U_{d0} de la tension disponible aux bornes de la charge est fonction du rapport cyclique α . On règle la valeur de U_{d0} en modifiant le rapport cyclique α .

- Soit en modifiant la durée de conduction de l'interrupteur I sans modifier la période T de commande (modulation de largeur d'impulsion).
- Soit en modifiant la fréquence de commande ($f = \frac{1}{T}$) sans modifier la durée de conduction de l'interrupteur (modulation de fréquence d'impulsion).

I.4.2 Hacheur parallèle (survolteur) :

Le hacheur parallèle est aussi appelé hacheur survolteur. Ce montage permet de fournir une tension moyenne U_{d0} à partir d'une tension continue $U < U_{d0}$.

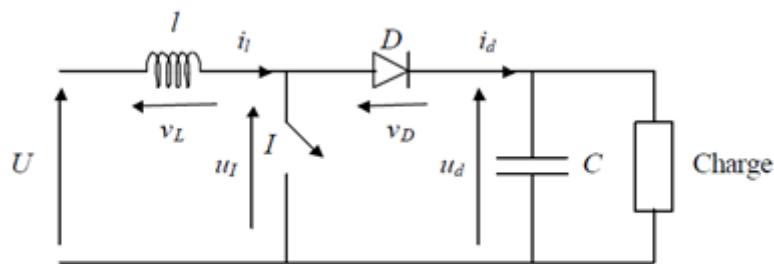


Figure I.9 Hacheur parallèle

Les applications principales du hacheur parallèle sont les alimentations de puissance réglées et les freinages par récupération des moteurs à courant continu. On distingue deux phases de fonctionnement :

- Lorsque l'interrupteur I est fermé, la diode est polarisée en inverse ($v_D = -U_d$) ; la charge est donc isolée de la source. La source fournit de l'énergie à l'inductance l.
- Lorsque l'interrupteur I est ouvert, l'étage de sortie (C+ charge) reçoit de l'énergie de la source et de l'inductance l.

I.4.3 Applications des hacheurs série et parallèle : alimentation et freinage d'un moteur à courant continu à l'aide d'un hacheur réversible :

Le montage étudié est décrit sur la figure suivante :

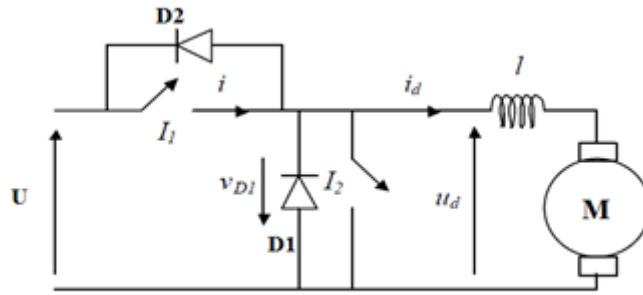


Figure I.10 Hacheur réversible

Un hacheur réversible dit aussi à deux quadrants, c'est d'associer un hacheur série et un hacheur parallèle.

Le hacheur série constitué de la diode D_1 et de l'interrupteur I_1 . Le hacheur parallèle constitué de la diode D_2 et l'interrupteur I_2 .

- La machine fonctionne en moteur lorsqu'elle est alimentée par le hacheur série (D_2 reste toujours bloquée car $U > u_d$ et I_2 est maintenu ouvert).
- La machine fonctionne en génératrice (phase de freinage) et alimente la source U (batterie par exemple) lorsque le hacheur parallèle est utilisé (D_1 est toujours bloquée car I_2 est fermé $V_{D1}=0$ et lorsque I_2 est ouvert D_2 est passante et $V_{D1} = -U$; I_1 est maintenu ouvert).

I.5 Les onduleurs monophasés:

Les onduleurs sont des convertisseurs statiques continu-alternatif, destinés à alimenter des récepteurs à courant alternatif à partir d'une source continue. Ils sont généralement monophasés ou triphasés et suivant les applications ils peuvent :

- Soit fournir une ou des tensions alternatives de fréquence et amplitude fixe, c'est le cas d'alimentation sans interruptions qui servent le plus souvent d'alimentations de secours pour des systèmes informatiques.
- Soit fournir des tensions ou courants alternatifs de fréquence et amplitude variables, c'est le cas des onduleurs servant à alimenter des machines à courant alternatif devront tourner à vitesse variable.

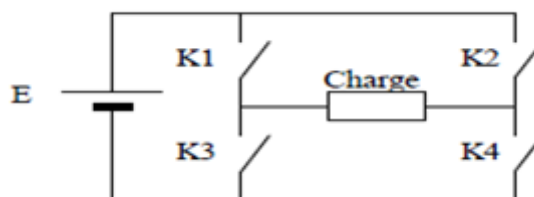


Figure I.11 Onduleur en H



Figure I.12(a) Interrupteur lors de la première phase, (b) Interrupteur lors de la deuxième phase. La structure retenue est celle d'un pont en H (quatre interrupteurs et une source continue). En commandant l'état (ON-OFF, passant –bloqué) des interrupteurs, on peut imposer les tensions aux bornes de la charge de manière à obtenir une ou des tensions alternatives. Sachant que ceux d'une même branche ne peuvent être simultanément fermés (ou ouverts).

I.6 Les machines à courant continu

Les machines à courant continu à excitation séparée sont encore toujours utilisées pour l'entraînement à vitesse variable, bien que sévèrement concurrencées par les machines asynchrones associées à des convertisseurs de fréquence.

Leurs caractéristiques permettent également une régulation précise du couple, en moteur ou en générateur. Leur vitesse de rotation nominale, indépendante de la fréquence du réseau est aisément adaptable par construction à toutes les applications.

Elles sont en revanche moins robustes que les machines asynchrones et beaucoup plus chers, tant en coût matériel qu'en maintenance, car elles nécessitent un entretien régulier du collecteur et des balais.

I.6.1 Constitution de la machine à courant continu

Comme toute machine tournante, la machine à courant continu comporte essentiellement une partie fixe (stator) et une partie mobile (rotor).

I.6.1.1 L'inducteur ou stator

C'est un élément du circuit magnétique immobile sur lequel un enroulement est bobiné, afin de produire un champ magnétique. L'électron aimant ainsi réalisé comporte une cavité cylindrique entre ses pôles. Le bobinage statorique peut être remplacé par des aimants permanents. Cette disposition est générale sur les machines de petite puissance.

I.6.1.2 L'induit ou rotor

C'est un cylindre en tôles magnétiques isolées entre elles et perpendiculaire à l'axe du cylindre. L'induit est mobile en rotation autour de son axe et il est séparé de l'inducteur par un entrefer. A sa périphérie, des conducteurs sont régulièrement répartis.

I.6.1.3 Le collecteur et les balais

Le collecteur est solidaire de l'induit. Les balais sont fixes, ils frottent sur le collecteur et ainsi alimente les conducteurs de l'induit.

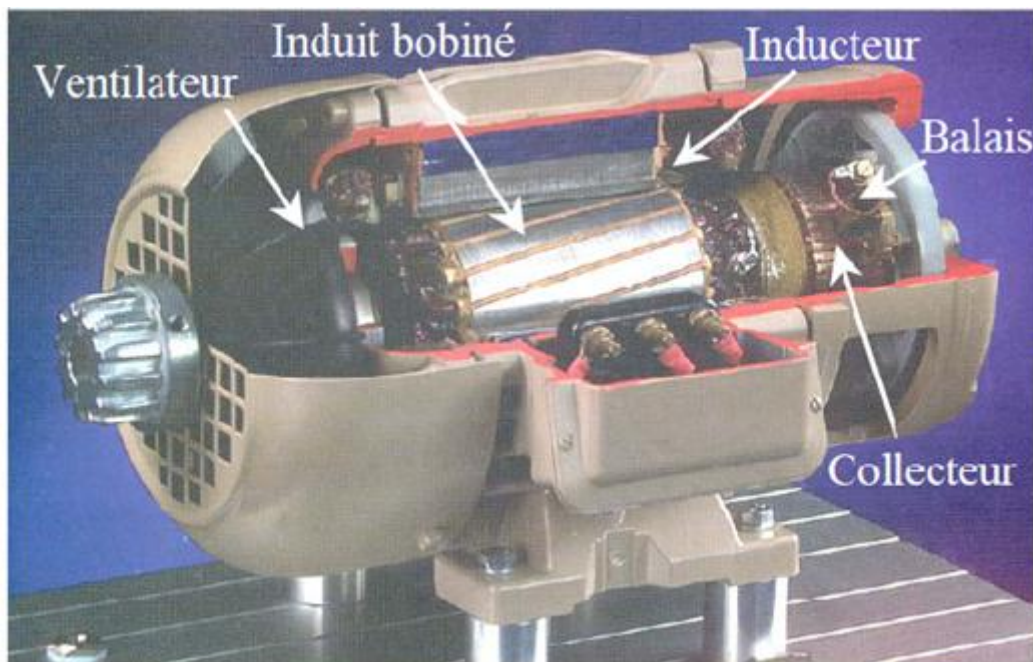


Figure I.14 Constitution du moteur à courant continu

I.6.2 Principe de fonctionnement de la machine à courant continu

Lorsque l'inducteur est alimenté, il crée un champ magnétique (flux d'excitation) dans l'entrefer, dirigé suivant les rayons de l'induit. Ce champ magnétique entre dans l'induit du côté du pôle nord de l'inducteur et sort de l'induit du côté du pôle sud de l'inducteur.

Quand l'induit est alimenté, ses conducteurs situés sous un même pôle inducteur sont parcourus par des courants de même sens et sont donc, d'après la loi de LAPLACE, soumis à une force. Les conducteurs situés sous l'autre pôle sont soumis à une force de même intensité et de sens opposé. Les deux forces créent un couple qui fait tourner l'induit du moteur.

Lorsque l'induit du moteur est alimenté sous une tension continue ou redressée U et que le rotor est en rotation, il se produit une force contre-électromotrice E dont la valeur est $E=U-RI$.

RI représente la chute de tension ohmique dans l'induit. La force contre-électromotrice E est liée à la vitesse et à l'excitation par la relation $E = K\Phi\Omega$

Dans laquelle :

K : Est une constante propre au moteur.

Ω : La vitesse angulaire.

Φ : Le flux.

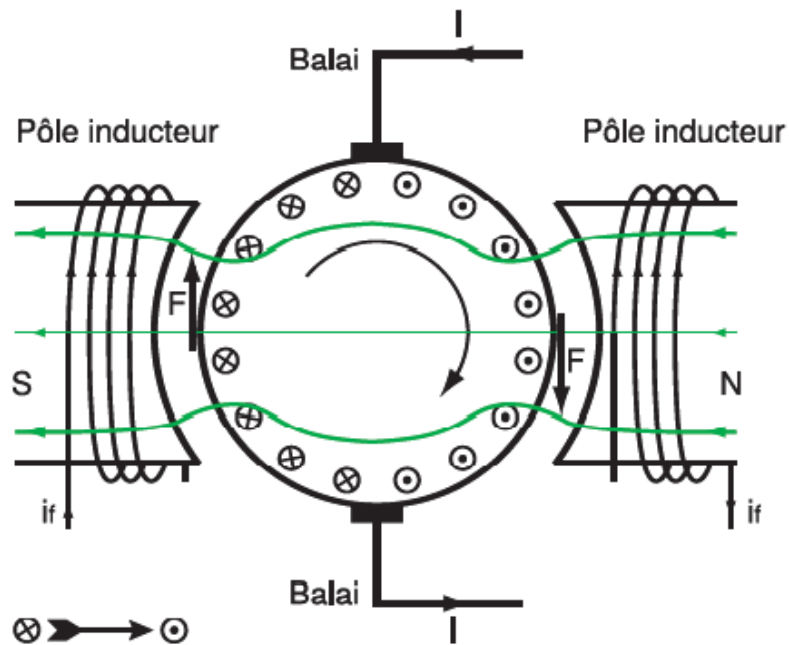


Figure I.15 Production d'un couple dans un moteur à courant continu.

I.6.3 Commande des convertisseurs

La liaison d'une machine à courant continu à une source du même type se fait à l'intermédiaire d'un convertisseur « hacheur ou onduleur » qui permet la variation de la tension moyenne aux bornes de l'induit, jusqu'à ces dernières années ; la commande des convertisseurs industriels était réalisée à l'aide de circuits analogiques à faible ou moyen degré d'intégration.

Mais vu le développement de la microélectronique et de la micro-informatique met aujourd'hui à la disposition de l'utilisateur des circuits à très haut degré d'intégration dont les possibilités matérielles sont encore accusées par leur facilité de programmation. La réalisation d'un hacheur(ou onduleur) piloté par microcontrôleur PIC permet d'envisager une commande d'une machine à courant continu, on agissant seulement sur le temps d'ouverture et de fermeture des interrupteurs électroniques. La tension moyenne d'entrée de la machine à courant continu varie et par conséquent la vitesse de cette dernière varie proportionnellement à cette tension.

Pour notre cas nous avons opté à la commande numérique de ces interrupteurs, en utilisant une carte à base d'un microcontrôleur qui va générer un signal à rapport cyclique variable.

I.7 Rapport cyclique α

Le rapport cyclique désigne pour un phénomène périodique, le ratio entre la durée du phénomène sur une période de temps et la durée de cette même période. On parle souvent de rapport cyclique lorsqu'on a un signal rectangulaire. La figure suivante montre les différents cas possible du rapport cyclique.

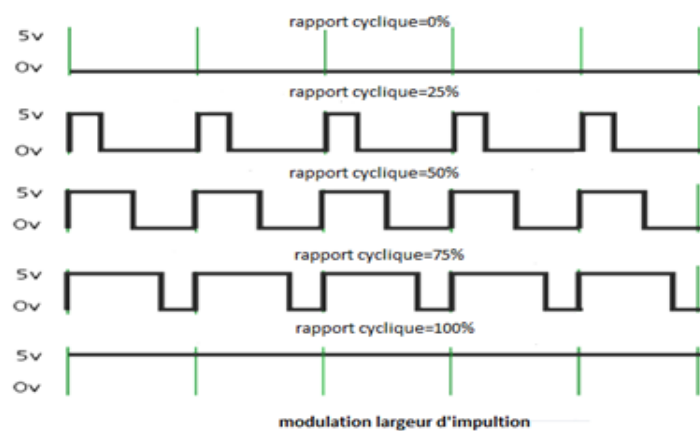


Figure I.16 Le rapport cyclique α

$$\alpha = \frac{T_{on}}{T} = T_{on} * f$$

α : rapport cyclique T_{on} : temps a l'état « on » dans une période. T : période du signal
 f : fréquence du signale.

Notant que les cas ou $\alpha = 0\%$ et $\alpha = 100\%$ sont non réalisable pratiquement, parce que le signal dont le rapport cyclique est nul est un signal nul et dans l'autre cas rapport cyclique égale à 100% le signal c'est une constante. Pour que le signal produit avec le rapport cyclique soit réalisable il faut limiter le rapport entre $0.025 < \alpha < 0.975$

On peut distinguer deux cas de variation pour le rapport cyclique :

- Tonvarie, f fixe c'est le cas de la PWM.
- Ton fixe, f variable c'est le cas de la PFM.

La modulation PWM

Pulse Width Modulation, PWM est une technique utilisée pour obtenir des résultats analogiques avec des moyens numériques. Le contrôle digital est utilisé pour créer une onde carré comme est indiqué dans la **figure (I.17)**, le signal commute entre deux niveaux « **on** » et « **off** ». Ce modèle on-off permet de simuler des tensions entre V_{max} (5 Volts) et V_{min} (0 Volts), en modifiant la durée du temps où le signal est à l'état « **on** » cette durée du "temps" est appelée la largeur d'impulsion.

Pour obtenir de différentes valeurs analogiques, on agit sur ou on module cette largeur d'impulsion.

Si on répète ce modèle on-off assez rapidement avec une LED par exemple, le résultat est de contrôler la luminosité de la LED avec une tension constante entre 0 et 5V.

En effet si on considère la période du signal $T = \left(\frac{1}{F}\right)$ on appelle **Ton** le temps où le signal est à « **1** » et **Toff** le temps où le signal est au repos.

Alors on a : **$T = T_{on} + T_{off}$** .

On agissant sur le **Ton**, le quotient $\frac{T_{on}}{T}$ varie.

Ce dernier est ainsi nommé rapport cyclique **α**



Figure I.17 Allure d'un signal carré.

La valeur moyenne du signal : $U_{moy} = \frac{1}{T} \int_0^T U(t) dt$.

I.10 Représentation fréquentielle d'un signal PWM/PFM

L'objectif de l'analyse spectrale est la détermination des composantes fréquentielles d'un signal analogique ou numérique. Sur le plan théorique, l'analyse spectrale est largement inspirée de l'analyse de Fourier. En pratique, elle intervient dans de nombreuses études :

- L'étude de la réponse en fréquence des systèmes.
- La mesure des distorsions harmoniques des appareils.
- L'investigation en matière d'architectures et de matériaux pour l'acoustique.
- Le diagnostic en analyse vibrationnelle...

I.11 Développement en séries de Fourier

Nous considérons une fonction bornée $x(t)$ périodique, de période T_0 :

$$T_0 = 2\pi\omega_0, \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) dt$$

Sous certaines conditions, généralement rencontrées en pratique, la fonction $x(t)$ peut être développée sous la forme suivante :

$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \exp(-j\omega t) dt \text{ Avec } \omega = 2\pi f$$

$$x(t) = \sum_{n=0}^{\infty} C_n e^{\frac{i2\pi}{T}nt}$$

$$C_n = \frac{1}{T \int_0^T x(t) e^{-\frac{i2\pi}{T}nt} dt}$$

$$C_0 = 1/T \int_0^T x(t) dt$$

Avec :

C_n : Appelés les coefficients de Fourier.

C_0 : La valeur moyenne du signal $x(t)$.

I.12 L'utilisation du signal PWM /PFM pour la régulation

Souvent, on se trouve dans des cas de régulation complexe ou on a besoin de traitement numérique des signaux de mesure pour générer la commande correspondante, en utilisant des circuits intégrés programmable (microcontrôleur, DSP, FPGA.....) selon la complexité de l'algorithme à traiter, ces derniers sont connus par leurs principe de

fonctionnement basé sur la commutation (0/1 ou 0/5 V), sont plus aptes à générer au même temps des signaux PWM/PFM.

On appelle ce type de régulation : régulation modulée, dont le principe de fonctionnement est illustré dans la figure ci-dessous.

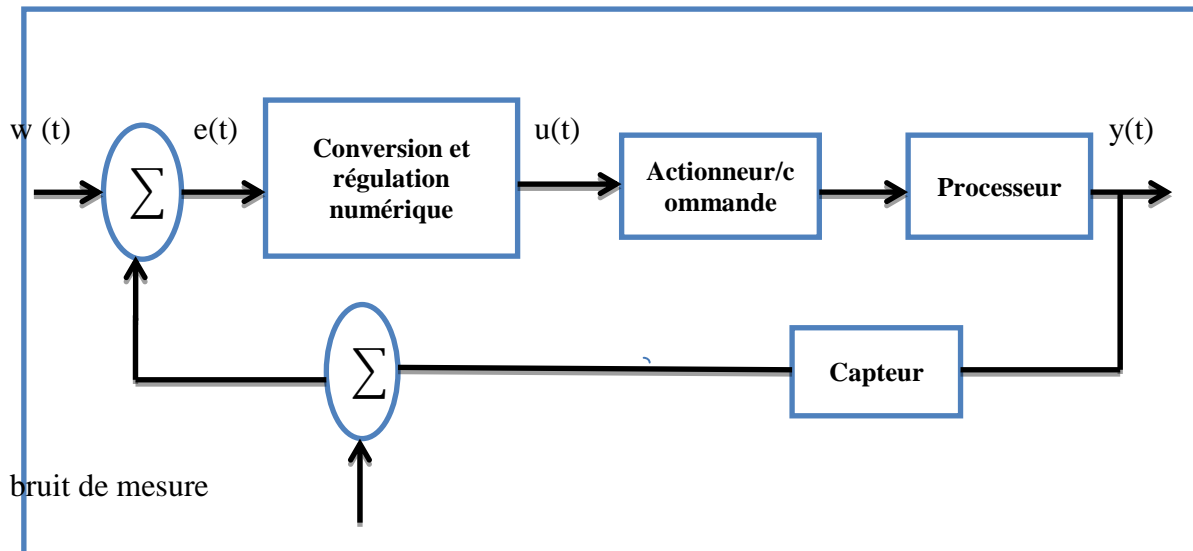


Figure I.16 Schéma fonctionnelle d'un régulateur numérique.

Cette propriété nous donne l'alternative de programmer la durée d'un niveau logique d'une sortie du circuit calculateur et par conséquent la programmation du rapport cyclique α , ce qui nous permet d'obtenir l'amplitude désirée après le filtrage des harmoniques.

I.13 Principe de fonctionnement d'un régulateur PWM/PFM

Comme le montre la figure ci-dessous un régulateur numérique classique est menu généralement d'un convertisseur analogique/numérique (A/N) pour convertir le signal à traiter à un signal numérique. Plus un processeur de traitement qui s'occupe de l'exécution d'un algorithme implémenté dedans qui exploite les octets dus à la conversion A/N et manipule le paramètre temps (timer du processeur) par la temporisation des niveaux logiques (haut et bas) d'une sortie afin d'obtenir un signal du filtre passe- on aura une commande :

$$U(t) = \alpha(t) \cdot E_{moy} \quad \alpha(t) \in [0,1] \text{ Rapport cyclique.}$$

$$E : \text{l'amplitude du signal PWM/PFM } \alpha(t) = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}}$$

T_{on} : La période pendant laquelle la sortie du calculateur est au niveau haut.

T_{off} : La période pendant laquelle la sortie du calculateur est au niveau bas.

Ces deux paramètres T_{on} et T_{off} sont les paramètres de sortie de l'algorithme.

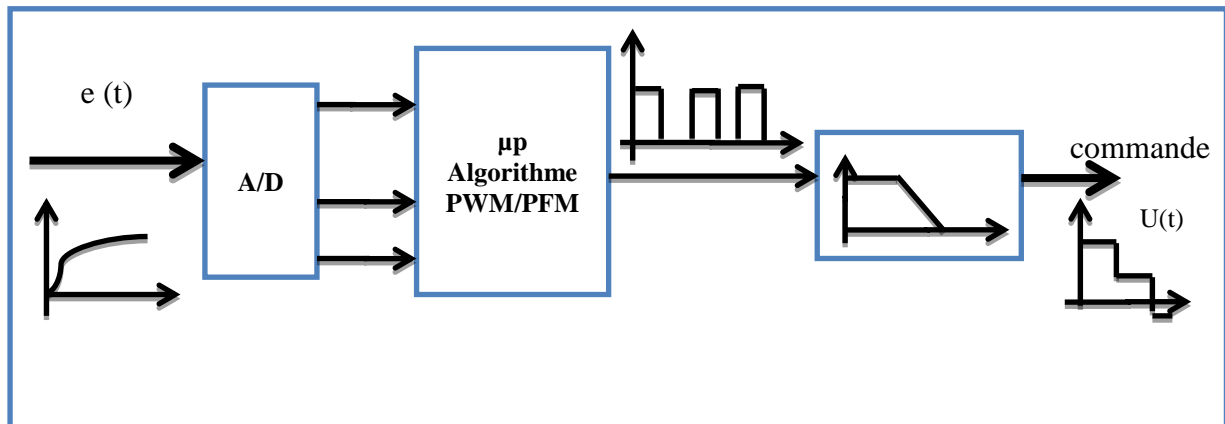


Figure I.17 Le régulateur PWM/PFM

Le temps de traitement T_T total du signal $e(t)$ jusqu'à l'apparition de la commande correspondante $U(t)$ est la somme du temps de conversion A/N plus le temps de l'exécution de l'algorithme :

$$T_T = T_{CAN} + T_t$$

La composante continue du signal PWM ne subit aucun retard (déphasage) au niveau du filtre

I.14 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait une étude générale sur les convertisseurs statiques dont nous avons expliqué le principe de leurs fonctionnements, ainsi que leurs domaines d'utilisation.

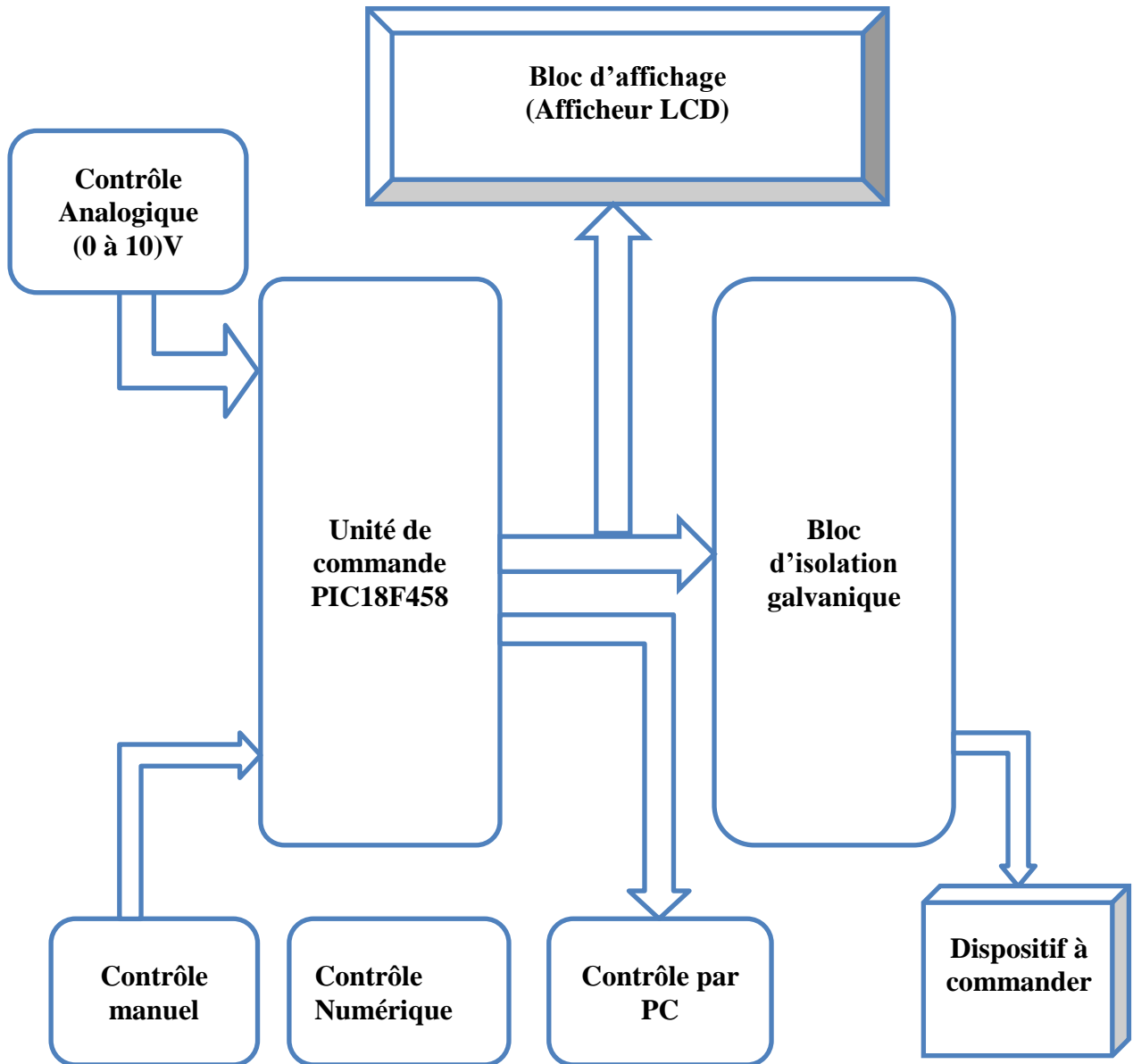
Nous avons aussi introduit la modulation de largeur d'impulsion et la modulation de fréquence d'impulsion.

Dans le chapitre suivant nous allons décrire les différents blocs de l'unité de commande.

**DESCRIPTION DE
L'UNITE DE
COMMANDE**

SCHEMA GLOBAL DU PROJET

Le schéma synoptique global de notre carte de commande est représenté selon le cahier de charge que nous avons pris. Voilà comme l'indique la figure ci-dessous tous les blocs qui assurent le bon fonctionnement de notre système et ces blocs sont bien détaillés dans le deuxième chapitre.



II.1 Introduction

Dans ce chapitre nous traiterons les différents blocs qui constituent notre carte, leurs caractéristiques ainsi que leurs rôles. En effet notre carte sert à commander tous dispositifs de puissance.

Elle est constituée de deux parties essentielles: partie commande qui comprend le microcontrôleur comme élément de base qui s'occupe de la réalisation des différentes fonctions (conversion, comptage, variation de la fréquence et de la largeur d'impulsion) et partie traduisant l'adaptation des signaux de commande, notamment l'isolation galvanique et séparation des masses (drivers) qui se présente comme interface intermédiaire entre le bloc de commande et le bloc de sortie qui alimente les convertisseurs.

Pour permettre à l'opérateur de suivre l'évolution du processus en temps réel, l'unité est équipée d'un afficheur LCD pour visualiser le déroulement du processus et d'agir au moment voulu par le mode d'entrée choisi afin de régler les différents paramètres de la commande.

Enfin l'unité est équipée aussi d'un connecteur DB9 pour la connexion avec le PC via le port série pour un éventuel contrôle via l'interface graphique.

II.2.Principe de fonctionnement de la carte

Après la mise sous tension, le microcontrôleur procède à l'étape d'initialisation, puis il exploite l'une des quatre entrées (analogique, numérique, PC ou manuelle) pour exécuter l'un des deux programmes PWM ou PFM. Pour cela on doit agir sur les boutons poussoirs constituant le clavier, le type de modulation et le mode désiré.

La sortie est sur la pin CCP du microcontrôleur, un afficheur LCD relié au port B sert d'outil de visualisation des différents paramètres (rapport cyclique, fréquence, mode d'entrée ...).

En choisissant le contrôle analogique ayant une tension variable de 0V à 10V dont on peut limiter à une valeur maximale de 5V en utilisant un diviseur de tension.

En faisant varier cette tension, on aura un signal périodique carré soit :

- à rapport cyclique variable de 2.5% à 97.5% pour assurer le signal produit PWM/PFM.
- On fixe T_{on} et on fait varier la fréquence de $f_{min} = 0.025/T_{on}$ à une fréquence maximale limite $f_{max} = 0.975/T_{on}$ c'est le cas de la PFM

$T_{on} = 10ms$ $f_{min} = 2.5HZ$ et $f_{max} = 97.5HZ$

$T_{on} = 0.1ms$ $f_{min} = 250HZ$ et $f_{max} = 9.75KHZ$

- Dans le cas d'une PWM on fixe la fréquence d'où on limite la largeur d'impulsion
 $F=1\text{kHz}$ Ton min= $25\mu\text{s}$ et Ton max= $975\mu\text{s}$
 $F=20\text{KHz}$ Ton min= $1.25\mu\text{s}$ et Ton max= $48.75\mu\text{s}$

Le même principe est appliqué pour les autres modes d'entrées.

II.3. Les principaux composant de la carte et leur rôle

Cette carte comprend principalement les éléments suivants :

- ✓ Microcontrôleur 18f458
- ✓ La liaison RS232
- ✓ Circuit intégré max232
- ✓ Connecteur DB9 mâle
- ✓ Afficheur LCD 2×16
- ✓ Switch DIP8
- ✓ Boutons poussoirs
- ✓ Circuit intégré CNY17

II.3.1 Le PIC18F458

II.3.1.1 Généralités

Un microcontrôleur est un circuit intégré qui rassemble les éléments essentiels d'un ordinateur : processeur, mémoires « mémoire morte pour le programme, mémoire vive pour les données », unités périphériques et interfaces d'entrées-sorties. Les microcontrôleurs se caractérisent par un plus haut degré d'intégration, une plus faible consommation électrique « quelques milliwatts en fonctionnement, quelques nano watts en veille », une vitesse de fonctionnement plus faible « quelques mégahertz » et un coût réduit par rapport aux microprocesseurs polyvalents utilisés dans les ordinateurs personnels. Par rapport à des systèmes électroniques à base de microprocesseurs et autres composants séparés, les microcontrôleurs permettent de diminuer la taille, la consommation électrique et le coût des produits. Ils ont ainsi permis de d'autonomiser l'utilisation de l'informatique dans le domaine d'industrie pour la commande et contrôle des systèmes.

Tous ce qui été réalisé en logique câblé le microcontrôleur le fait par programme d'où la flexibilité des systèmes microcontrôleur.

II.3.1.2 Les éléments constitutifs du pic

Nous avons utilisé le microcontrôleur PIC 18F458 de 40 broches dont les caractéristiques générales peuvent être résumées comme suit :

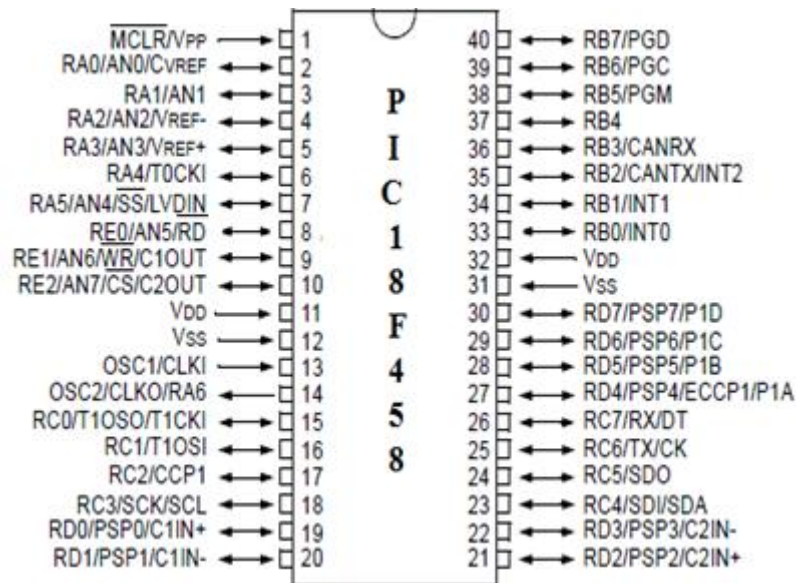


Figure II.1 Brochage du pic18F458

- Vitesse d'exécution allant jusqu'à 40MHz permettant l'exécution rapide du programme, une instruction en cycle d'horloge de 100ns.
- Une mémoire **EEPROM** pour sauver des paramètres de 256 octets« mémoire de données ».
- Une mémoire morte « **ROM** » mémoire programme de type FLASH de 32ko
1mot=14bits.
- **33** Entrées/Sorties programmables multiplexés.
- **8** entrées « canaux » du module de conversion analogique numérique 10 bits.
- **2** Comparateurs analogiques programmables avec une référence de tension,programmable également.
- Une plage d'alimentation de 2.0V à 5V.
- Module de capture **PWM** programmable permettant de capturer un signal« logique » en fonction du temps, ou d'offrir un signal **PWM** :

Module de Largeur d'Impulsion, ce paramètre représente une grande importance dans notre réalisation.

- De nouvelles fonctionnalités, comme les gestions de ports «Série».

Pour notre réalisation on s'intéresse au convertisseur analogique/numérique au Timer2 et au module CCP pour la génération du signal PWM /PFM nécessaire à la commande.

II.3.1.3Circuitd'initialisation

Un circuit d'initialisation est très important dans la configuration du pic, cela est dû aux avantages qu'il apporte à l'utilisateur. En effet un reset branche le compteur de programme du PIC à l'adresse 0x00. Il reprend donc le programme depuis le début. La seconde chose importante est que selon le type de reset certains registres peuvent prendre une valeur «imposée » ou ne pas être modifié par le reset en question. Il est donc important de choisir un type de reset bien définit selon la cause qui lui fait appelle, parmi elles on peut citer :

- La mise sous tension, ou POR (pour Power On Reset)
- 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 la tension d'alimentation, ou BOR (pour Brown Out Reset)
- L'exécution de l'instruction « reset »
- Le débordement de la pile (Stack full)
- L'extraction d'une adresse de la pile déjà vide (Stackun derflow)

Pour notre PIC on a choisi un reset externe car il est nécessaire lors de la mise sous tension. En effet, à ce moment-là, le microcontrôleur n'est pas prêt à l'exécution des instructions instantanément .L'entrée MCLR permet d'initialiser le pic après la mise sous tension.

Une réinitialisation est correctement faite si l'entrée est mise au niveau bas le circuit RC empêche la tension sur la broche 1 d'attendre la valeur de la tension d'alimentation pendant un temps correspondant au temps de charge de la capacité,afin que le circuit interne de reset automatique détecte la tension d'alimentation. Soit le temps de charge $\tau = 1$ ms le bouton poussoir permet le reste du pic pendant son fonctionnement. En fixant la valeur de la capacité C à 0.1 μ f on aura R=10k Ω

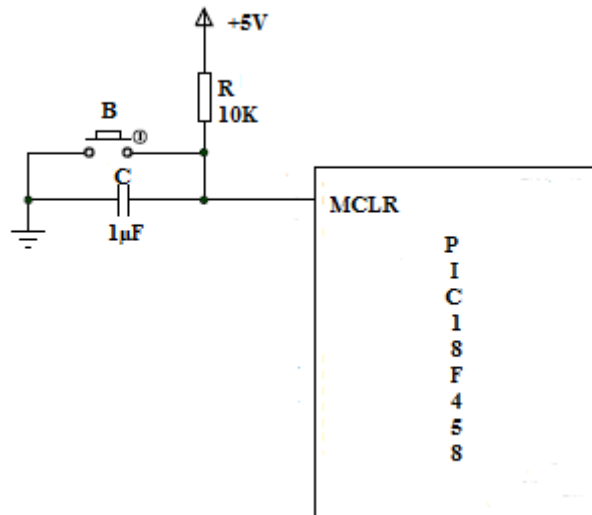


Figure II.2 Circuit d'initialisation de PIC18F458

II.3.1.4 Circuit d'horloge

Comme tous les autres PIC, le 18F4xx a besoin d'une horloge pour fonctionner, il dispose d'un oscillateur intégré qui permet d'utiliser un simple quartz externe comme référence de fréquence. Le choix de l'oscillateur est déterminé par le positionnement correct des bits de configuration, en effet un signal d'horloge est nécessaire pour piloter le circuit de contrôle et de gérer les séquences du microcontrôleur la fréquence de signal subit une division par quatre fournissant ainsi un signal d'horloge interne, c'est cette base de temps qui est utilisée pour déterminer le temps d'un cycle de T est donné par $4/F_{osc}$. Dans cette application nous avons utilisé un quartz de 20MHz, nous aurons donc un $T=0.2\mu s$, ce qui donne 5 million de cycles par secondes. Le 18f458 a une puissance de l'ordre de 10MIPS (10 million d'instructions par secondes). Comme le montre la figure (II.3), le quartz est branché sur les broches OSC/CLKIN et OSC2/CLKOUT avec des capacités de 15pF recommander pour la stabilité de l'oscillateur.

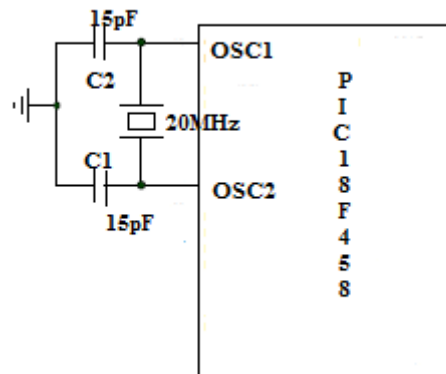


Figure II.3 Circuit d'horloge du PIC18F458

II.3.1.5 Le convertisseur analogique numérique

Le microcontrôleur pic18f458 travaille avec un convertisseur analogique numérique qui permet un échantillonnage sur 10 bits le signal numérique peut donc prendre 1024 valeurs possibles.

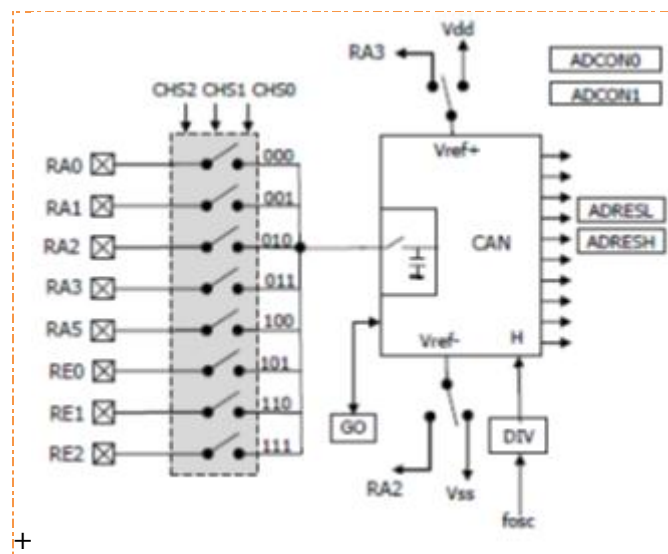


Figure II.4 Convertisseur analogique numérique PIC18F458

II.3.1.6 Fonctionnement d'une entrée du port de la conversion

Le PIC18F458 dispose de 8 entrées de conversion, elles sont sélectionnées par un multiplexeur analogique numérique commander par un programme, le pic ne dispose que d'un seul convertisseur donc on ne peut traiter qu'une seule entrée par conversion. Les entrées analogiques doivent être configurées en entrée à l'aide des registres TRISA et/ou TRISE. L'échantillonneur bloqueur est intégré, il est constitué d'un interrupteur d'échantillonnage et d'une capacité de blocage de 120 pF.

Les tensions de références permettant de fixer la dynamique du convertisseur. Elles peuvent être choisies parmi VDD, VSS, Vref⁺ ou Vref⁻

Le control du module A/D se fait par les deux registres ADCON0 et ADCON1

ADCON0	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
---------------	--------------	--------------	-------------	-------------	-------------	----------------	---	-------------

Figure II.5 Registre de configuration ADCON0.

CHS2:CHS0 : choix de l'entrée analogique

ADCS1:ADCS0 : Choix de l'horloge de conversion donc du temps de conversion

ADON : Ce bit permet de mettre le module AN en service

GO/DONE : Une conversion démarre quand on place ce bit à 1. A la fin de la conversion, il est remis automatiquement à zéro. Ce bit peut aussi être positionné automatiquement par le module CCP.

ADCON1	ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
---------------	-------------	---	---	---	--------------	--------------	--------------	--------------

Figure II.6 Registre de configuration ADCON1.

ADFM : justification à droite ou à gauche du résultat dans les registre ADRESH et ADRESL

PCFG3:PCFG0 : configuration des E/S et des tensions de références. Les 5 broches de PORTA et les 3 de PORTE peuvent être configurés soit en E/S digitales, soit en entrées analogiques. RA2 et RA3 peuvent aussi être configurées en entrée de référence

II.3.1.7 Déroulement d'une Conversion

Pendant la conversion, la tension V_e à l'entrée du convertisseur A/D doit être maintenue constante. Au départ il faut commencer de faire l'acquisition du signal en fermant l'interrupteur S, ceci se fait à l'aide du registre ADCON0.

Après la fin de l'acquisition, on peut démarrer une conversion en positionnant le bit GO_DONE à 1, l'interrupteur S s'ouvre pour assurer le blocage de la tension. La conversion commence, elle est réalisée en 12 TAD à la fin, le bit GO_DONE repasse à 0 et le résultat est chargé dans les registres ADRESL et ADRESH. Le module met 2 TAD supplémentaires pour fermer l'interrupteur S ce qui démarre une nouvelle phase d'acquisition pendant laquelle la tension V_e rejoint la tension analogique d'entrée V_a . Après la fin de l'acquisition, on peut démarrer une nouvelle conversion et ainsi de suite.

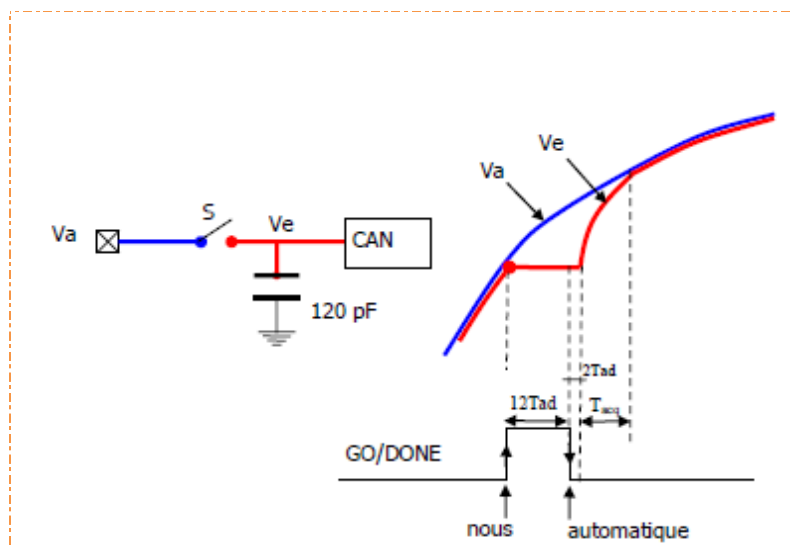


Figure II.7 Déroulement de la conversion pour le PIC18F458.

II.3.1.8 Temps de conversion

Le temps d'une conversion est la durée nécessaire à la conversion d'un bit (TAD) multiplié par le nombre de bits désirés pour le résultat. Le temps de conversion est égal à 12 TAD, il dépend de la fréquence du quartz et du prédiviseur (div) choisi :

$$TAD = \text{div} * \frac{1}{F_{osc}}$$

Le choix de div doit être ajusté pour que TAD soit \geq à 1,6 μ s.

Quartz \ Div	20Mhz	5Mhz	4Mhz	2Mhz
2	0,1 μ s	0,4 μ s	0,5 μ s	1 μ s
8	0,4 μ s	1,6 μ s	2 μ s	4 μ s
32	1,6 μ s	6,4 μ s	8 μ s	16 μ s

Figure II.8 Temps de conversion d'un bit TAD

- les cases grisées sont hors plage d'utilisation

Avec un quartz de 20 MHz, il faut choisir $div=32$ ce qui donne $TAD = 1.6\mu s$
soit un temps de conversion : $TCONV = 51.2 \mu s$

II.3.1.9 Le temps d'acquisition

C'est le temps qu'il faut pour que le condensateur interne atteigne une tension proche de la tension à convertir. Cette charge s'effectue à travers une résistance interne et la résistance de la source connectée au pin, Ce temps est incrémenté du temps de réaction des circuits internes, et d'un temps qui dépend de la température (coefficient de température). Il faut savoir en effet que les résistances augmentent avec la température, donc les temps de réaction des circuits également.

Temps d'acquisition = $TACQ = Tc + CT + 2 \mu s$

Tc : temps de charge du condensateur

C : Capacité de blocage = 120 pF

CT : Coefficient de température

II.4. L'interface série RS232

Dans les années 1960, le comité, 'Electronic Industries Association' a développé un standard d'interface de transmission de données en série entre équipements d'où le EIA232 qui a été développé vers la RS232 d'aujourd'hui. La liaison RS232 est une liaison série asynchrone, RS signifie 'Recommended Standard' soit en français standard recommandé ; c'est une ligne où les bits d'information (1 ou 0) arrivent successivement, soit à intervalles réguliers, soit à des intervalles aléatoires, on groupe. Elle se forme de trois fils qui lui sont indispensables. L'un sert à envoyer l'information, le second sert à recevoir l'information et le troisième est relié à la masse.

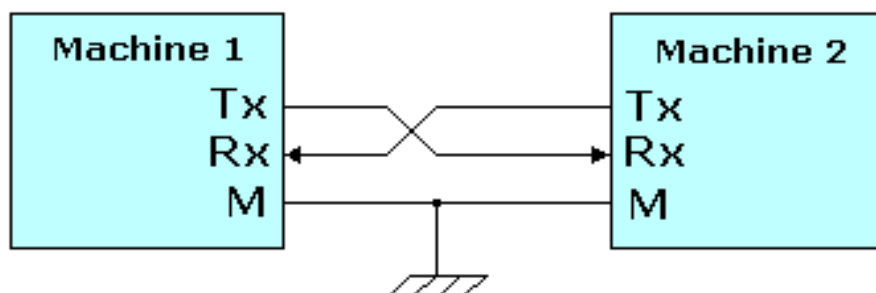


Figure II.9 Explicative de l'interface RS232.

II.4.1 Principe de transmission

L'octet à transmettre est envoyé bit par bit (**poids faible en premier**) par l'émetteur sur la ligne Tx, vers le récepteur (ligne Rx) qui le reconstitue. La vitesse de transmission de l'émetteur doit être identique à la vitesse d'acquisition du récepteur. Ces vitesses sont exprimées en **BAUDS**. Il existe différentes vitesses normalisées: 9600, 4800, 2400, 1200, bauds.

La communication peut se faire dans les deux sens (duplex), soit émission d'abord, puis réception ensuite (half-duplex), soit émission et réception simultanées (full-duplex) La transmission étant du type asynchrone (pas d'horloge commune entre l'émetteur et le récepteur), des bits supplémentaires sont indispensables au fonctionnement: bit de début de mot (**start**), bit(s) de fin de mot (**stop**).

D'autre part, l'utilisation éventuelle d'un bit de **parité**, permet la détection d'erreurs dans la transmission.

II.4.2 Les données transmises par le port série

La transmission des données peut se faire selon plusieurs format (7 ou 8 bits) avec ou sans parité, une trame commence par un bit de start (0 logique) et se termine par 1 bit ou 2 bit de stop (1 logique).

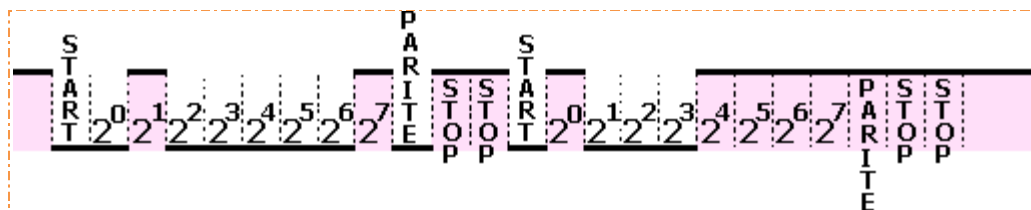


Figure II.10 Format de la trame.

II.4.3 Définition des procédés utilisés dans le fonctionnement de la RS232

Bauds

C'est le nombre de changement d'état de la ligne pendant une secondes. Cela correspond au nombre de débits par seconde dans le cas d'une liaison directe par câble. Ce n'est pas le cas pour un modem qui va utiliser d'autres techniques telles que la compression et la modulation de phase pour augmenter le nombre de bits transmis par seconde.

Le nombre de baud étant dépendant de la ligne téléphonique utilisée. Parité il s'agit d'un bit qui peut être rajouté à la suite des bits de données.

Parité paire (even)

Le bit transmis est un 0 logique si le nombre de 1 logique des bits de données est paire. C'est un 1 logique dans le cas contraire.

Parité impaire (odd)

Le bit transmis est un 0 logique si le nombre de 1 logique des bits de données est impaire. C'est un 1 logique dans le cas contraire.

Bits de données

C'est le nombre de bits (0 ou 1 logique) transmis afin de coder un caractère. Si l'on est en 7 bits, la valeur décimale du caractère pourra aller de 0 à 127. Si l'on est en 8 bits, la valeur décimale du caractère pourra aller de 0 à 255.

Bits de start :c'est un bit 0 logiques qui définit le début de la donnée à transmettre.

Bits de stop :c'est un ou plusieurs (1,1.5, 2) bits au 1 logique qui définissent la fin de la donnée transmise.Leur nombre définit la durée pendant laquelle on se trouve au 1 logique (1 fois, 1.5 fois ou 2 fois la durée d'un bit de donnée).

Simplex :la communication est unidirectionnelle. Elle ne se produit que dans un sens, de l'émetteur vers le récepteur.

Half duplex :les 2 équipements peuvent émettre et recevoir. Ils sont tour à tour émetteurs ou récepteur. Ils ne peuvent émettre en même temps.

Full duplex :les 2 équipements peuvent émettre et recevoir. Ils peuvent simultanément émettre et recevoir.

II.4.4 Communication série entre PC et PIC

Le PIC utilise les niveaux 0V et 5V pour définir respectivement des signaux «0» et « 1 » logique. La norme RS232 définit des niveaux de +12V et -12V pour établir ces niveaux nous aurons donc besoin d'un circuit chargé de convertir les niveaux des signaux entre PIC et PC.

La pin TX du PIC émettra en 0V/5V et sera convertie en +12V/-12V vers notre PC. La pin RX du PIC recevra les signaux en provenance du PC, signaux qui seront converti du +12V/-12V en 0V/5V par notre circuit de pilotage du bus.

Notons que la liaison étant full-duplex, émission et réception sont croisées, chaque fil ne transitant l'information que dans un seul sens.

Nous utiliserons le célèbre circuit MAX232 pour effectuer cette adaptation de niveaux. Ce circuit contient un double convertisseur de double direction. Le principe est illustré dans la figure suivante.

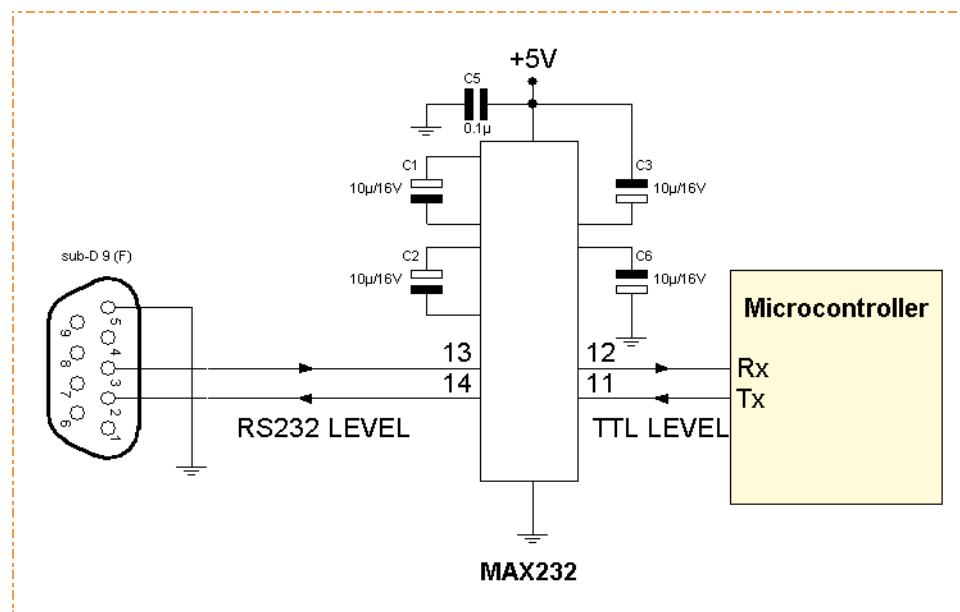


Figure II.11 Interface PC-PIC

II.5 Le circuit intégré MAX232

Le MAX232 est un circuit intégré à 16 broches qui réclame 4 condensateurs chimiques de 1 à 10 μ F, il est très courant malgré sa spécification. Il regroupe deux émetteurs et deux récepteurs transformant les signaux RS232 en signaux TTL, et deux émetteurs transformant les signaux TTL en signaux RS232. En regardant son schéma interne ci-dessous, nous constatons directement qu'il est premièrement doté d'un convertisseur de tension, au travers des capacités C1 et C3 il génère une tension de 10Volt depuis les 5Volt (doubleur de tension), et au moyen des capacités C2 et C4 il génère une tension de -10Volt à partir de la tension de 10Volt. Il est bien sur évident que le circuit est muni de tout un système, avec un oscillateur, des diodes ... etc

La connexion avec le port série se fait via la broche Rx (réception) Tx (émission) et RTS qui donne la possibilité d'émission. La broche 5 est reliée à la masse, voir figure ci-dessous :

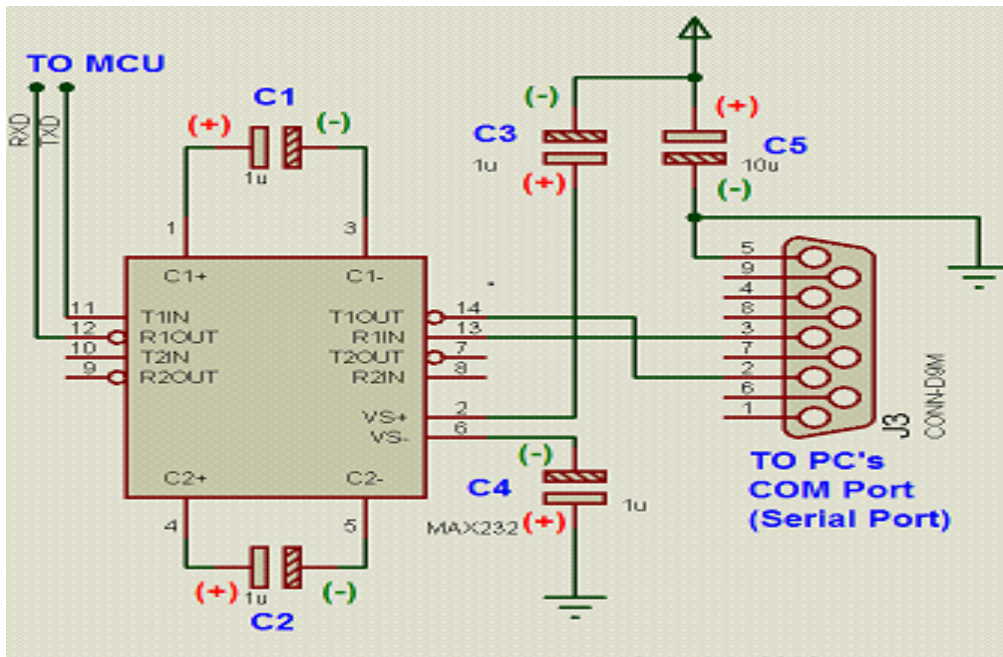


Figure II.12 brochage du circuit intégré MAX232.

II.6 Le connecteur DB9

La connectique de la liaison série se présente fréquemment sous la forme du connecteur DB-9 ou DB-25

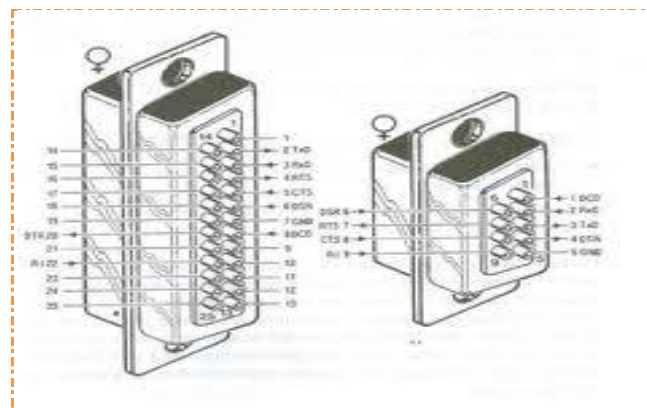


Figure II.13 Connecteur DB9-DB25.

Pour notre cas nous avons choisi le connecteur DB9, qui est une prise analogique comportant 9 broches, de la famille des connecteurs D-Subminiatures (D-Sub ou Sub-D). Il sert essentiellement dans les liaisons séries, permettant la transmission de données asynchrone selon la norme RS-232.

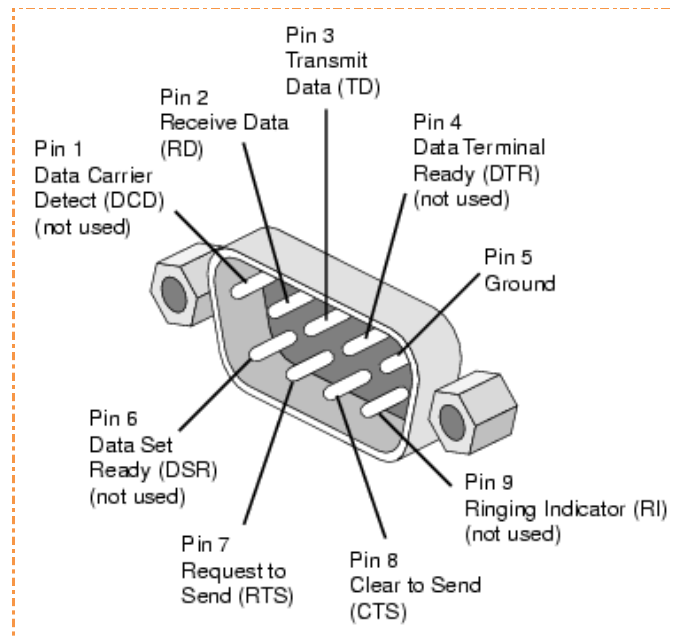


Figure II.14 Les broches du connecteur DB9.

II.7 Afficheur LCD

Les afficheurs à cristaux liquides (LCD = Liquid Crystal Display) peuvent être avec ou sans contrôleur intégré. Lorsqu'un contrôleur est intégré, on parle de module LCD. Les modules LCD sont compacts, intelligents et nécessitent peu de composants externes. Ils sont utilisés avec beaucoup de facilité, pratiquement les seuls à être utilisés sur les appareils à alimentation par pile.

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) la figure() presente l'afficheur LCD

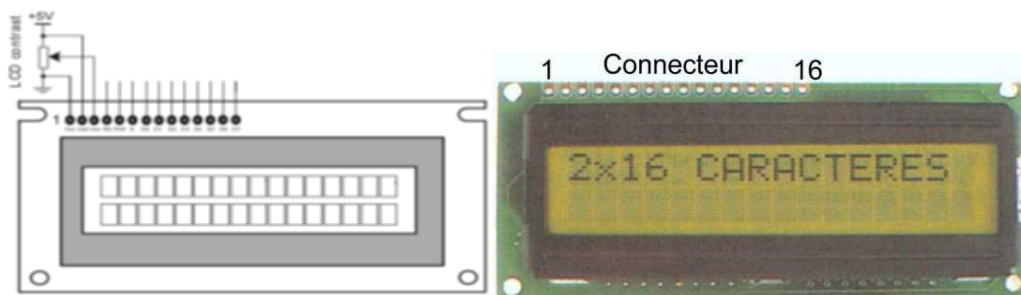
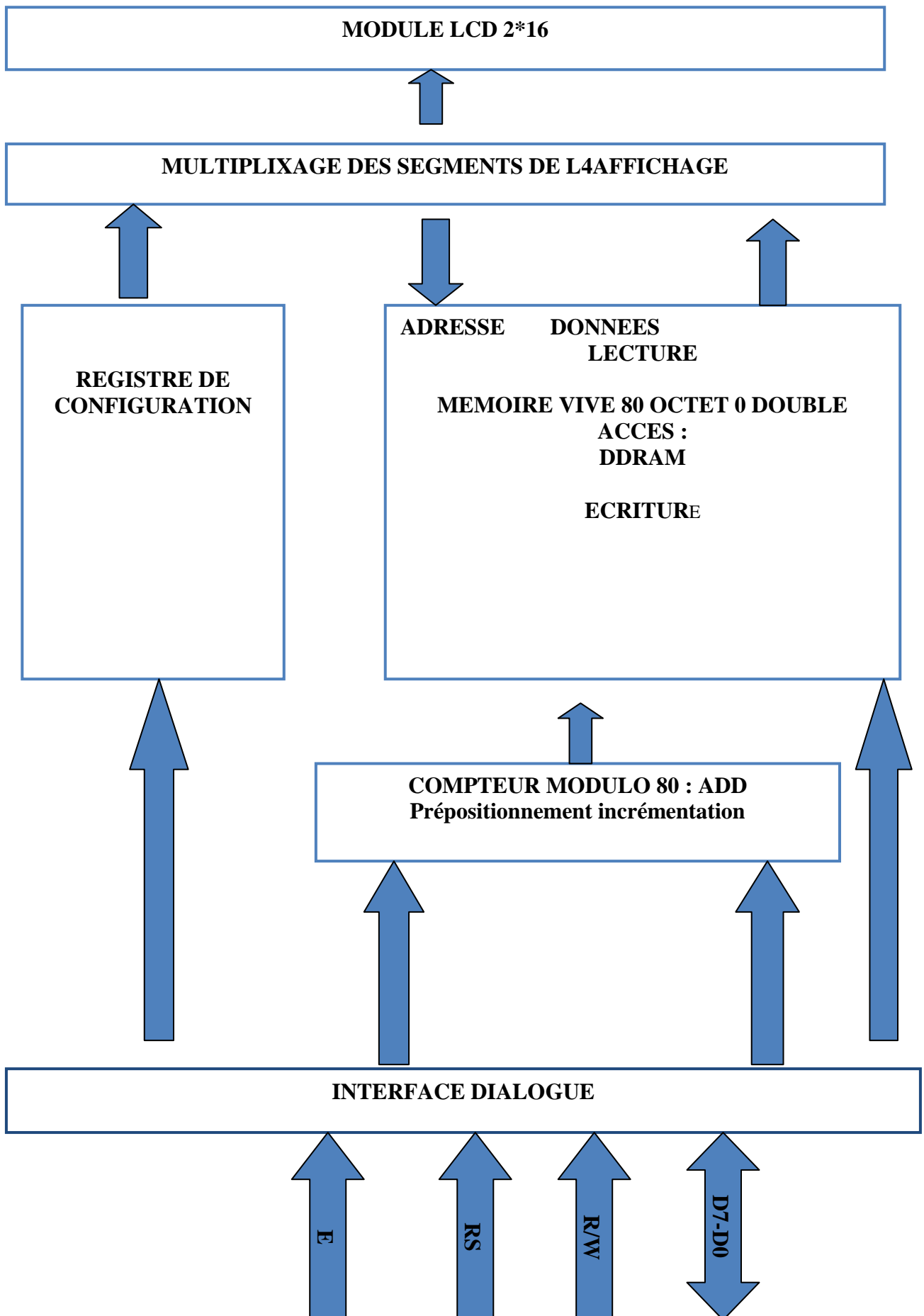


Figure II.15 Afficheur LCD 2*16

II.7.1 Schéma synoptique d'un afficheur



Les fonctions de gestion du curseur n'ont pas été représentées car celui-ci se met automatiquement dans la position correspondant à l'état du compteur ADD. L'utilisateur a toutefois la possibilité de changer sa forme (souligné, plein, clignotant).

II.7.2 Fonctionnement de l'afficheur LCD

L'utilisateur de l'afficheur doit s'acquitter de 2 ensembles de tâches :

- Affecter les registres de configuration en fonction du format (nombre de lignes par exemple)
- Affecter la mémoire DDRAM avec le message à afficher

Pour ce faire, nous disposons des signaux de contrôle E, RS et R/W et d'un bus de données 8 bits bidirectionnel. :

-**E** : Enable.

-**Cycle d'écriture** : l'état du bus de données est pris en compte au \square de ce signal

-**Cycle de lecture** : la donnée est fournie pendant l'état H de ce signal

-**R/W** : indique le sens du transfert :

-**"0"** : écriture vers l'afficheur

-**"1"** : lecture depuis l'afficheur

-**RS** : Register Select. L'état de ce signal indique la destination de la donnée :

-**"0"** : registres de contrôle

-**"1"** : mémoire DDRAM

-**D7-D0**: bus de données bidirectionnel

II.7.3 Commande d'un afficheur LCD

Deux modes de fonctionnement de l'afficheur sont disponibles, le mode 4 bits et le mode 8 bits, ils sont choisis à l'initialisation de l'afficheur.

Mode 8 bits :

Dans ce mode 8 bits les données sont envoyées à l'afficheur sur les broches D0 à D7 on place la ligne RS à 0 ou à 1 selon se que nous désirons transmettre ; commande ou donnée.il faut aussi placer la ligne R/W à 0 pour lui indiquer qu'on souhaite effectuer une écriture.

Mode 4 bits :

Il peut, dans certains cas, être nécessaire de diminuer le nombre de fils utilisés pour commander l'afficheur, par exemple lorsqu'on dispose d'un petit nombre d'entrées sorties sur un microcontrôleur, dans ce cas on peut utiliser le mode 4 bits du LCD.

Dans ce mode on s'intéresse seulement sur les 4 bits du poids fort (D4 à D7), ils sont utilisés pour lire et transmettre des données les 4 bits du poids faible (D0 à D3) sont connectés à la masse.

II.8 Les différents modes d'entrées

La diversité des entrées dont elle dispose notre carte de commande lui donne un aspect unique et universelle, pour la multitude de fonctionnalités quelle offre à l'opérateur.

Ces différentes entrées sont citées ci-dessous :

II.8.1 L'entrée analogique

L'entrée analogique est une source variable de tension ou de courant continu ou alternatif de valeur max de 10V, pour la sécurité du microcontrôleur nous avons utilisé un diviseur de tension pour limiter cette valeur à 5V.

II.8.2 L'entrée numérique

Elle se compose d'un Dip Switch menué d'un bloc de résistances de rappel sous forme d'un circuit intégré 8*10K ; en effet le switch nous offre l'alternative numérique pour contrôler la variation de la fréquence ou du rapport cyclique du signal (PWM/PFM).

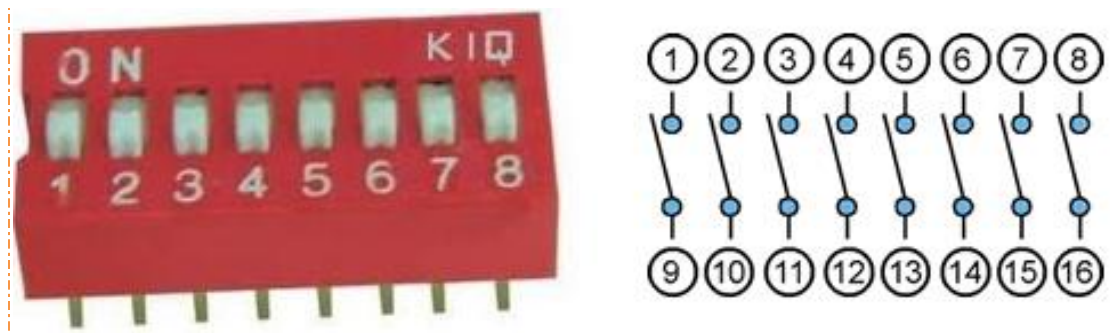


Figure II.13 Dip Switch.

DIP Switch est un interrupteur électrique emballé sous forme d'un groupe dans une norme Dual In-line package (DIP) . Il est couramment utilisé pour personnaliser le comportement d'un dispositif électronique pour des situations spécifiques

II.9.1 Principe d'isolation

L'isolation se fait par l'utilisation de deux sources d'alimentation ainsi que deux masses différentes, donc il n'y a aucune connexion électrique entre les circuits cités. L'isolation galvanique peut être réalisée par une liaison électromagnétique, avec un transformateur par exemple, ou par une liaison lumineuse, ou par un optocoupleur.

II.9.2 L'optocoupleur

Un optocoupleur est un composant qui permet **d'isoler** «galvaniquement» deux circuits. Le transfert d'information entre le circuit 1 et le circuit 2 se fait par **transfert** d'intensité lumineuse. En effet lorsque une intensité I_f traverse la diode émettrice infrarouge (Ou autre) celle-ci émet une intensité lumineuse qui est captée par un récepteur (Photodiode ou phototransistor). Le récepteur (Ici un phototransistor) laisse alors passer plus ou moins une intensité de collecteur I_c voir figure (II.15). Le coefficient de transfert en courant CTR entre le circuit n°1 (I_f) et le circuit n°2 (I_c) est donné par :

$$\text{CTR} = I_c(\text{En \%}) / I_f$$

CTR : coefficient de transfert en courant

L'optocoupleur que nous avons utilisé est le CNY17.

II.9.3 Le circuit intégré CNY17

Le CNY17 est un optocoupleur qui se compose d'un phototransistor optiquement couplé à une diode émettant infrarouge d'arséniure de gallium. Les éléments sont montés sur une grille de connexion à l'aide d'une technique coplanaires, offrant une distance fixe entre l'entrée et la sortie pour plus de sécurité, il est sous forme d'un boîtier à 6 broches. Il se caractérise par un débit de transfert du courant: de 40 à 80 % et sa tension d'isolation est de 4000V donc c'est un très bon circuit de séparation et de protection contre les chocs électriques.

En effet lorsque la diode est alimentée, elle génère un rayon lumineux qui vient frapper la base du phototransistor qui passe alors de l'état bloqué à l'état passant.

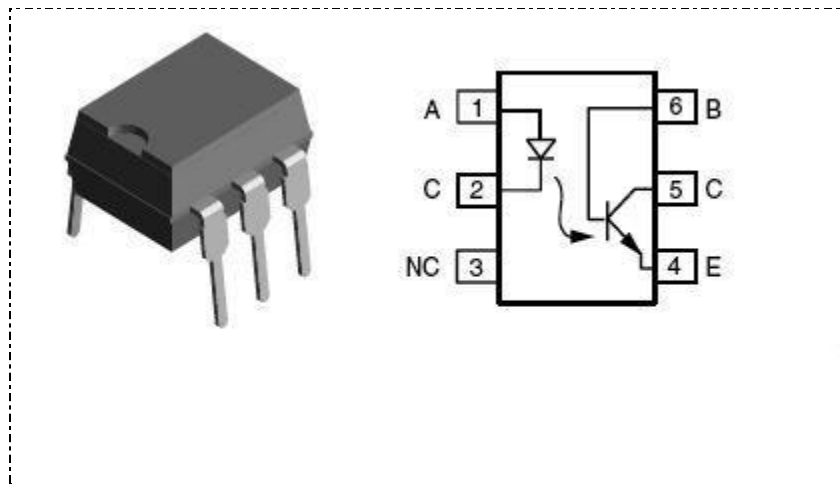


Figure II.15 Optocoupleur CNY17

Lorsqu'on commande l'extinction de la partie haute du hacheur a deux quadrants en même temps que l'allumage de la partie basse. En considérant que la tension de commande du MOS va augmenter linéairement (ce qui est quasiment le cas quand le MOS est commandé en courant constant), on va obtenir les profils de tension suivants aux grilles des transistors:

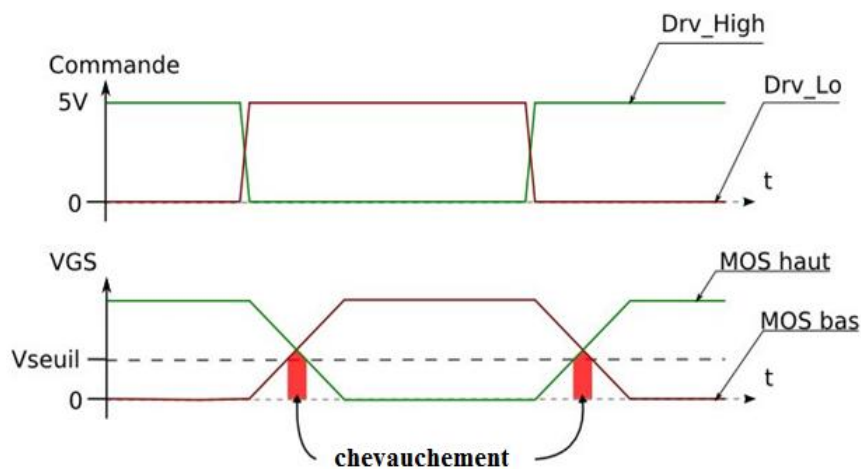


Figure II.16 Phénomène de chevauchement

Ceci est dû entre autre au fait que la tension de seuil (la tension au-dessus de laquelle les MOS conduit) est assez faible devant la tension à laquelle on alimente le driver de MOS (la nature même des transistors MOS implique aussi une extinction plus lente que l'allumage; ceci aggrave aussi le problème). Dans cette zone rouge, les deux transistors seront fermés en même temps court-circuitant ainsi l'alimentation (+) et la masse. Leur résistance étant très

faible (en tout moins de 1 Ohm), le courant qui va les traverser peut facilement atteindre plusieurs centaines d'ampères, et les faire littéralement exploser

II.9.4 Solution temps mort

La solution est simple, il suffit de retarder l'allumage des transistors, pour être sûr que le transistor de la partie opposée ne conduira pas au moment de la transition. Une solution est de placer un système à circuit intégré tel que le NE555 et des portes logiques ou des drivers pour commander des transistors tel que le IR2111.

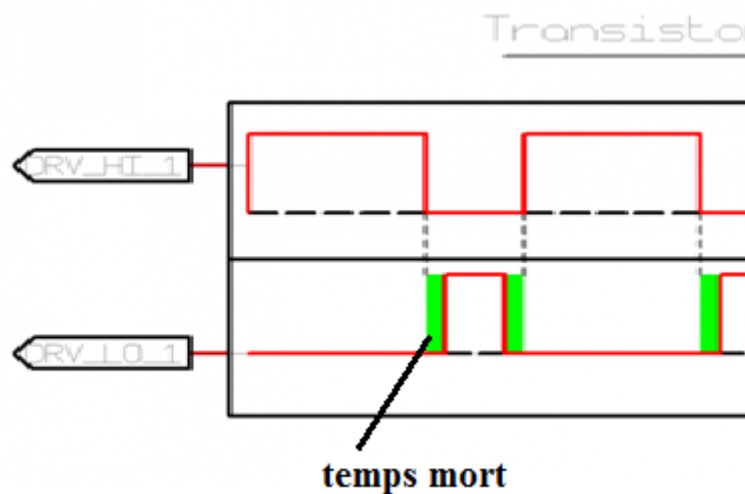


Figure II.17 Temps mort

Chaque composant de puissance exige une certaine forme de signal pour être commandé comme interrupteur, c'est le cas des transistors MOS ou IGBT ou leurs control s'effectue le plus souvent par des drivers

II.10 Driver pour transistors

La plupart des convertisseurs de puissance d'aujourd'hui utilisent un tripôle formé de deux transistors duaux, c'est-à-dire de deux transistors montés en pont et deux diodes en antiparallèle.

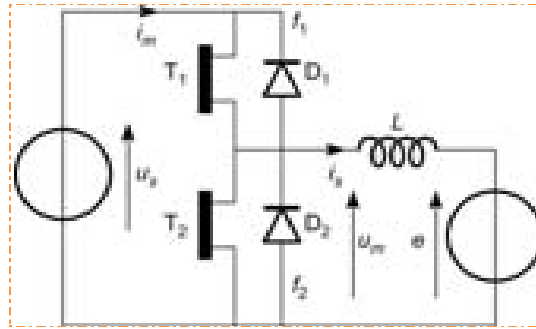


Figure II.18 Tripôle dans une cellule de transistors duaux

La mise en service du tripôle consiste à commencer de l'état « O » (ouvert), où $f1 = f2 = 0$.

Le programme du processeur ou du circuit numérique de commande doit alors partir de cet état pour passer ensuite à l'état $f1 = 1$.

L'arrêt du tripôle, en particulier à l'état d'urgence, impose le retour à l'état « O ».

Le programme du processeur doit prévoir le retour à 0 du courant i_s avant d'interrompre tout fonctionnement.

Il ne faut pas confondre l'état « O » avec le fonctionnement « **en temps mort** » du tripôle, où les commandes des deux transistors sont bloquées, mais le courant i_s reste différent de zéro

Les circuits *drivers* sont prévus généralement pour ce type de commande. De plus, une fonction est prévue dans la plupart des processeurs (dont les DSP) pour caractériser le temps mort et définir sa durée.

II.10 .1 Caractéristiques d'un driver

Le driver est une carte d'interface entre une commande électronique consistant généralement en signaux logiques et un composant de puissance (ou plus généralement un tripôle, formé de deux transistors duaux).

- Les caractéristiques essentielles d'un *driver* peuvent être résumées comme suit :
- isolement galvanique entre le signal de commande, venant de la carte du « processeur » (microcontrôleur, composant programmable, ou DSP) d'une part, et le composant de puissance d'autre part. Cet isolement permet la protection de la carte du processeur contre l'intervention inopportune de la haute tension du convertisseur en cas de destruction d'un composant du *driver*. L'autre intérêt de l'isolement est la possibilité de transmettre des signaux pour des composants fonctionnant à des potentiels différents.

- retard à la transmission du signal de commande le plus faible possible, afin de permettre le fonctionnement en haute fréquence;
- montage de sortie du *driver* pour que l'effet Miller du transistor MOSFET ou IGBT soit complètement surmonté; il est alors nécessaire que le courant fourni reçu à la grille puisse charger/décharger la capacité équivalente d'entrée le plus rapidement possible

Mise en œuvre d'un temps « mort », noté t_d , réglable et compatible avec les durées Ton et Toff de chaque composant. On choisit généralement : $t_d > 2 \times \sup(\text{ton}, \text{toff})$.

L'ensemble de la commande à partir d'un dispositif analogique ou numérique fait donc intervenir en cascade un circuit générateur du ou des signaux $v_c(t)$ (unique ou multiple), allant vers une interface, puis un driver pour obtenir les commutations d'un tripôle.

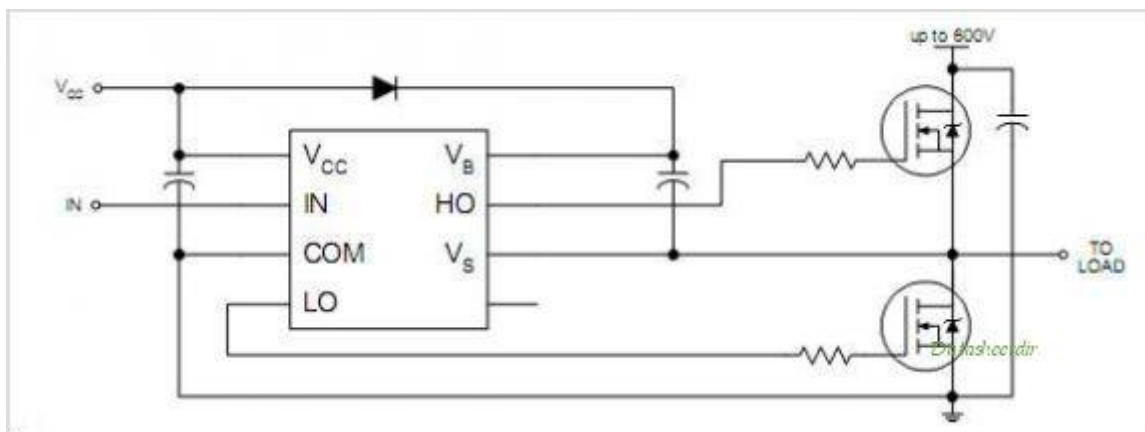
II.10.2 Classification des drivers

- La classification est basée sur le critère essentiel, l'isolement galvanique :
- la transmission (pseudo-isolée) de la commande s'effectue par transfert de potentiel utilisé par exemple dans le cas du circuit intégré IR2111 de la société International Rectifier;
- la transmission isolée de la commande s'effectue par optocoupleur utilisé par exemple dans le cas des circuits intégrés à technologie hybride EXB840, 841, 850, 851 de la société FUJI ou les circuits intégrés HCPL-3100, 3101... de la société Hewlett Packard.
- La transmission isolée de la commande s'effectue par transformateur d'impulsions fonctionnant en haute fréquence, utilisé par exemple dans le cas des circuits SKHI 21 ou 22 de la société Semikron. Dans le cas de l'utilisation de convertisseurs en « basse tension », il est possible d'utiliser des commandes non isolées relativement simples à mettre en œuvre; c'est le cas du pont LMD 18200 de la société National Semi-conducteur qui fonctionne pour une alimentation allant jusqu'à 55 V. Des transistors de puissance sont directement commandés en logique TTL ou C-MOS, et cela grâce à un système de « pompage de charge » qui permet d'obtenir l'ouverture ou la fermeture du transistor T_1 du tripôle. Ce système utilise un montage « bootstrap » qui s'apparente à celui du circuit IR2111. D'autre part, la commande du transistor

T2 est directe et non isolée. Dans ce qui suit nous allons voir la façon dont fonctionne le IR2111.

II.10.3 Driver de MOSFET et IGBT

Le IR2111 permet de commander des transistors de type MOSFET et IGBT a forte tension et a vitesse élevée, il possède deux signaux de sortie (haut et bas) utilisé pour la commande d'un bras de pont.



D'après la figure ci-dessus on constate que K1 est piloté a partir de la sortie HO (Hight output a travers une résistance de grille de 33 Ω , alors que K2 est piloté a partir de la sortie LO (Low output).

On obtient une commande complétement par un bras de pont, le même driver est utilisé pour commander l'autre bras du pont, sauf que le signal d'entrée IN est complétement par le biais d'une porte inverseuse.

La présence d'une diode a recouvrement rapide permet de protéger le circuit lorsque un transistor est fermé car si l'on étudie le schéma on remarque que la tension à onduler se retrouverait a la borne de Vcc et détruirait le circuit d'où la nécessité d'utilisation de cette diode.

II.11 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons exposé les différentes caractéristiques de chaque bloc de notre unité de commande, ce qui nous permettra de bien les utilisés dans la réalisation.

Dans ce qui suit nous allons aborder la programmation du PIC.

PROGRAMME DE COMMANDE

III.1 Introduction

Aujourd'hui les PIC sont très utilisés dans plusieurs domaines. C'est ainsi que la programmation des PIC se fait par plusieurs manières (assembleur, compilateur C, micro basic...). Dans notre cas nous avons utilisé le compilateur CCS du langage C. En premier lieu nous écrivons d'abord sous forme littérale, après la compilation un fichier hexadécimale sera créé automatiquement et enfin le transfert vers la mémoire du PIC en utilisant le logiciel Win pic.

III .2 Le langage C et son compilateur CCS

Le langage "C" a fait son apparition en 1972 pour le développement du système d'exploitation Unix. Il est devenu un standard de la norme ANSI en 1983. Le C ainsi que le C++, sont très utilisés pour le développement d'applications sous PC. Depuis quelques années il a fait son entrée dans le monde des microcontrôleurs. Il permet de bénéficier d'un langage universel et portable pratiquement indépendant du processeur utilisé. Il évite les tâches d'écritures pénibles en langage assembleur et élimine ainsi certaines sources d'erreurs. Pour notre programme nous avons utilisé le compilateur CCS de C, vue sa flexibilité et richesse en outils.

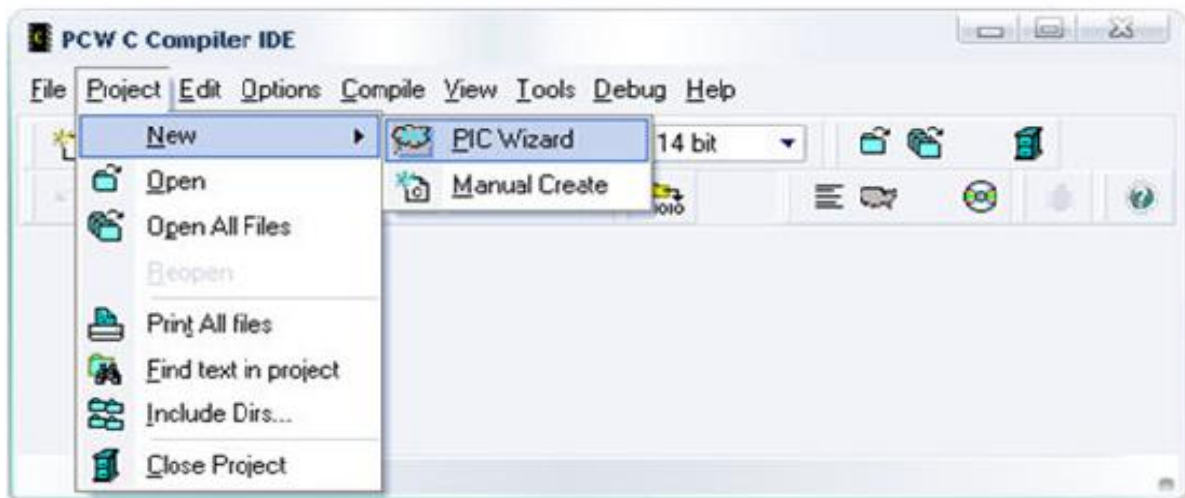
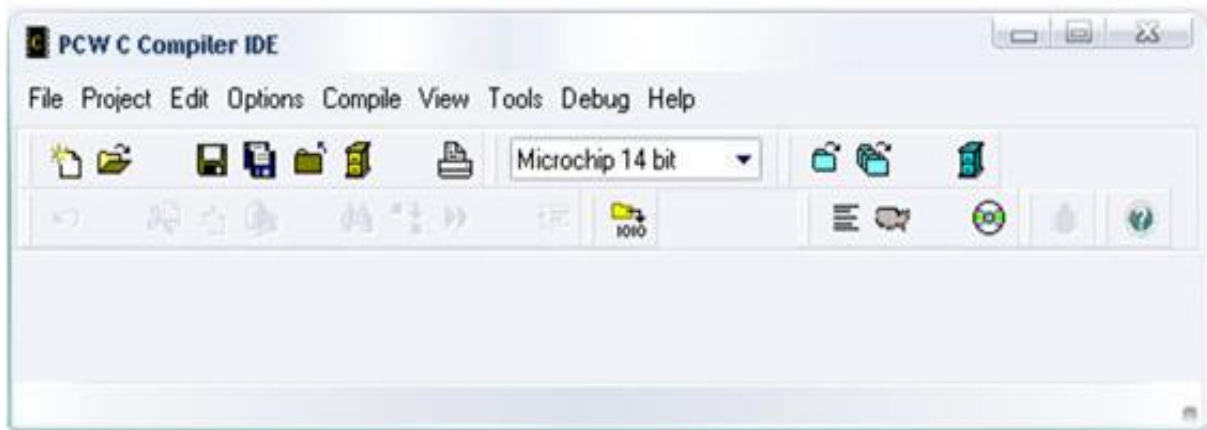
III .2 .1 Le compilateur CCS

CCS est un compilateur C pour les processeurs de la famille MicroChip . Des fonctions intégrées permettent de développer le code de manière très aisée. L'environnement intégré de développement C donne à l'utilisateur une méthode rapide de produire un code efficace par le biais du langage évolué C. Le compilateur comprend des fonctions intégrées comme READ_ADC qui lit une valeur provenant du convertisseur A/D du hardware PIC. Des fonctions telles qu'INPUT et OUTPUT maintiennent proprement les registres à ces états. Les variables y compris des structures peuvent être directement mappées en mémoire tels que les ports I/O pour mieux représenter la structure du hardware en C. Des fonctions d'I/O Série permettent à la fonction standard telle que GETC et PRINTF d'être utilisées comme I/O pour le RS-232. Les opérateurs du standard C et les fonctions intégrées spéciales sont optimisés pour produire des codes efficaces pour les bits et les fonctions d'I/O.

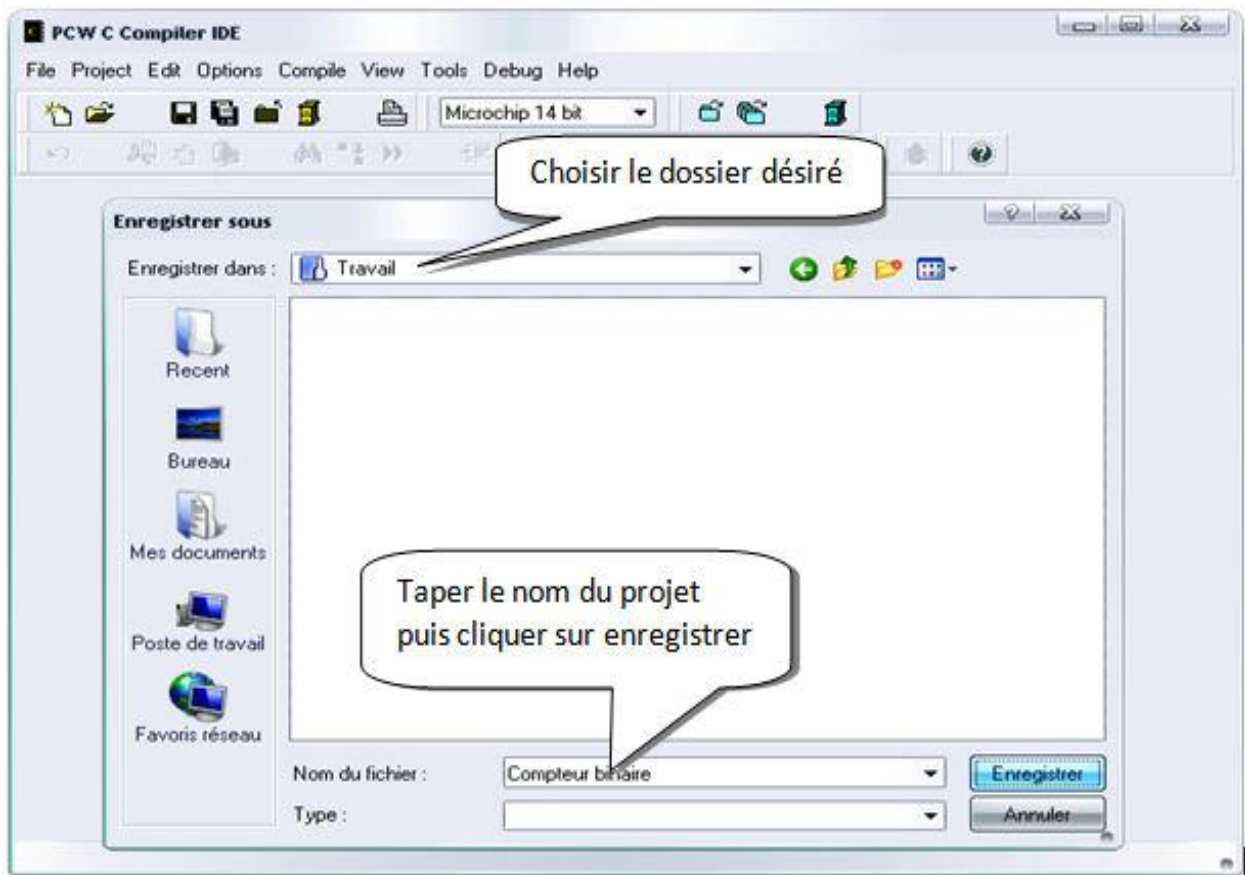
Le kit professionnel (PCW) fournit le compilateur C dans un environnement Windows. Le compilateur est régulièrement mis à jour avec les nouveaux composants PIC18Fxx.

- Pour l'écriture du code source du PIC, nous suivons la démarche décrite ci-dessous.

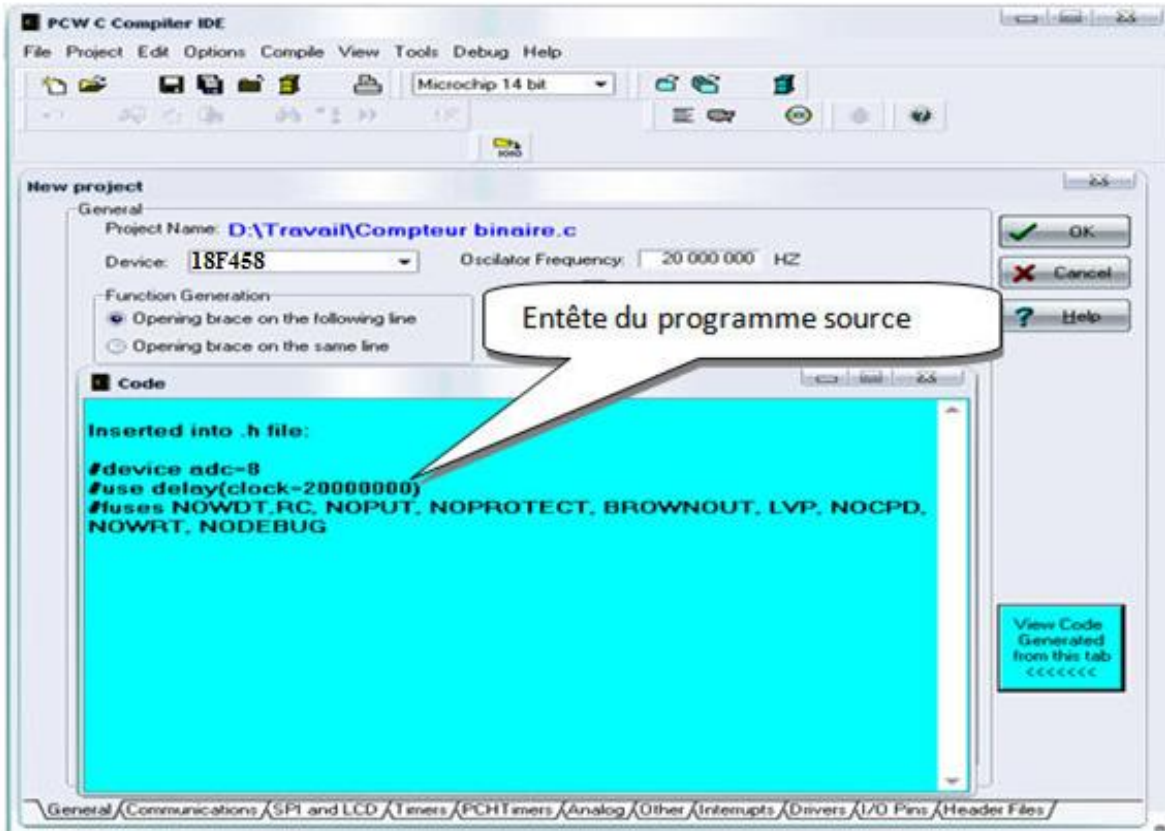
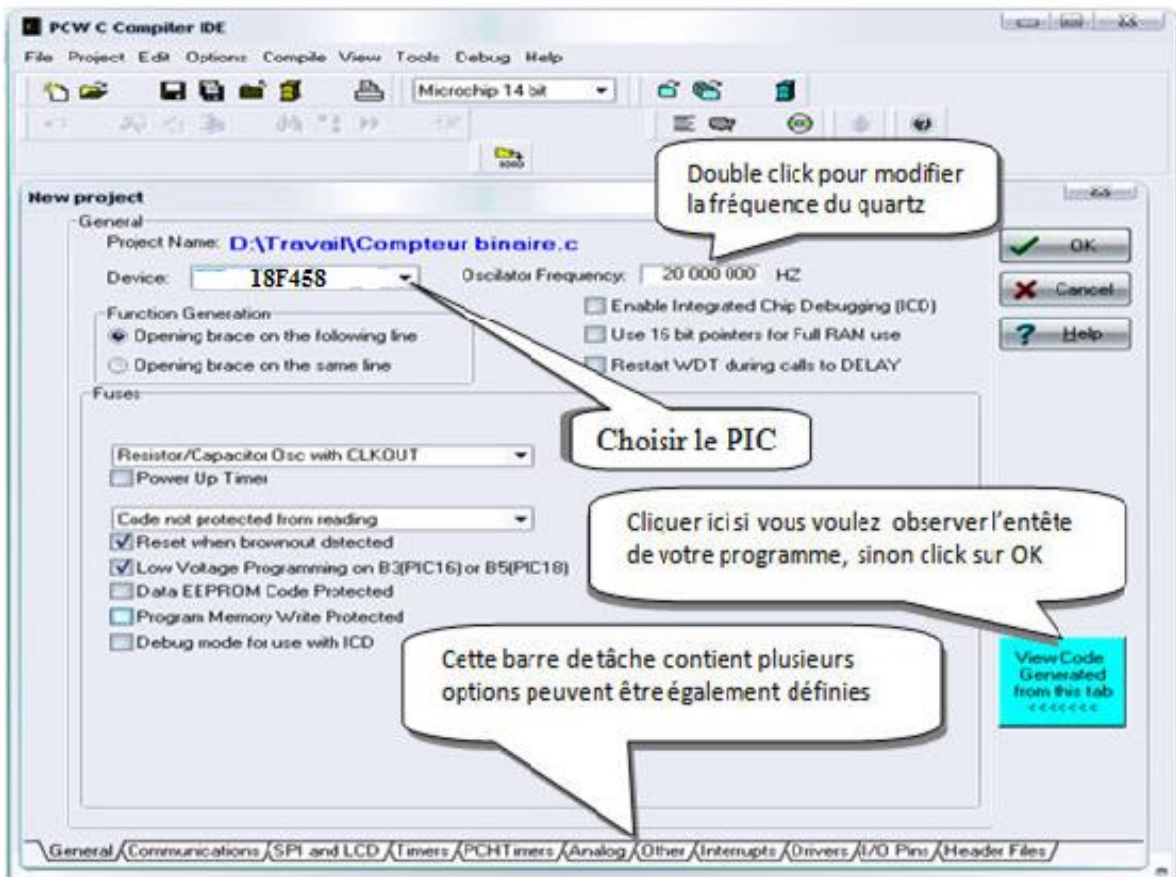
La première démarche est de créer un projet avec le compilateur CCS, le lancement du PIC C Compilateur est illustré ci-dessous :



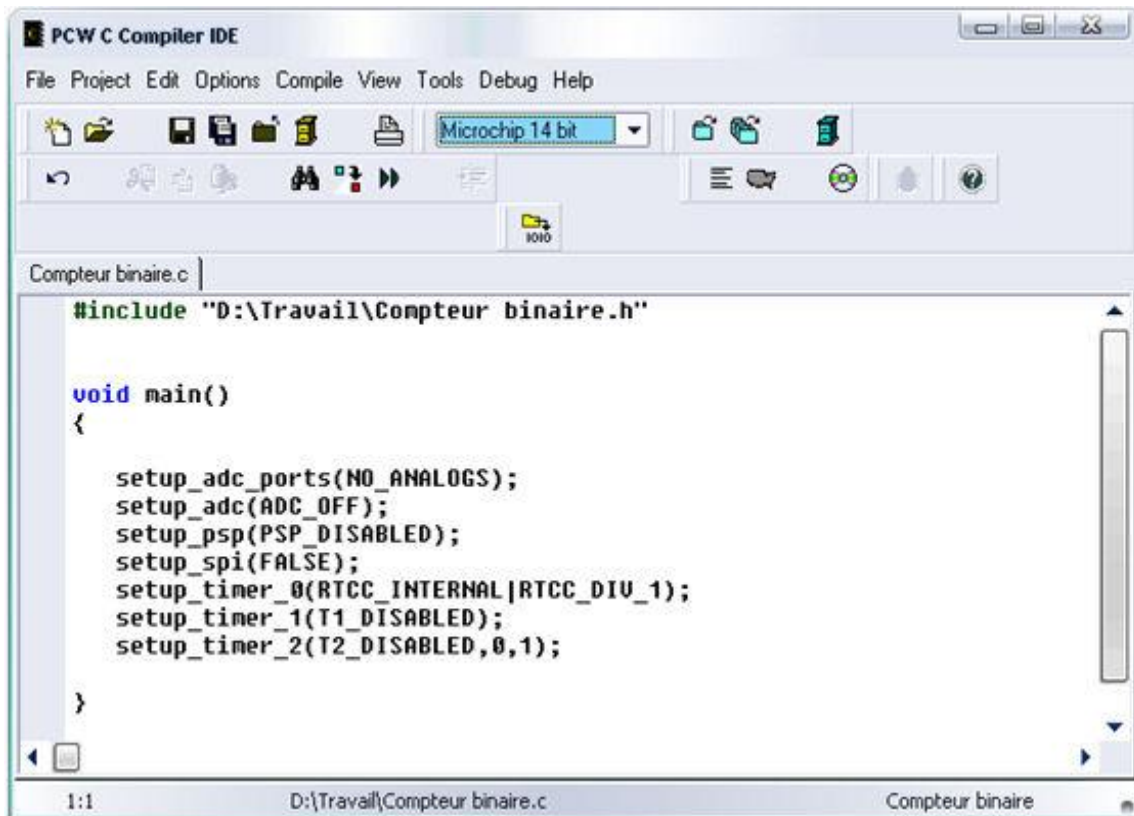
- En second lieu ; Création d'un nouveau projet : projet /new /PIC Wizard.
En choisissant le dossier de travail ainsi que le nom du projet :



- En troisième lieu c'est la sélectionner les paramètres de travail (choix du PIC) :



- Les paramètres choisis sont affichés dans le programme principal.



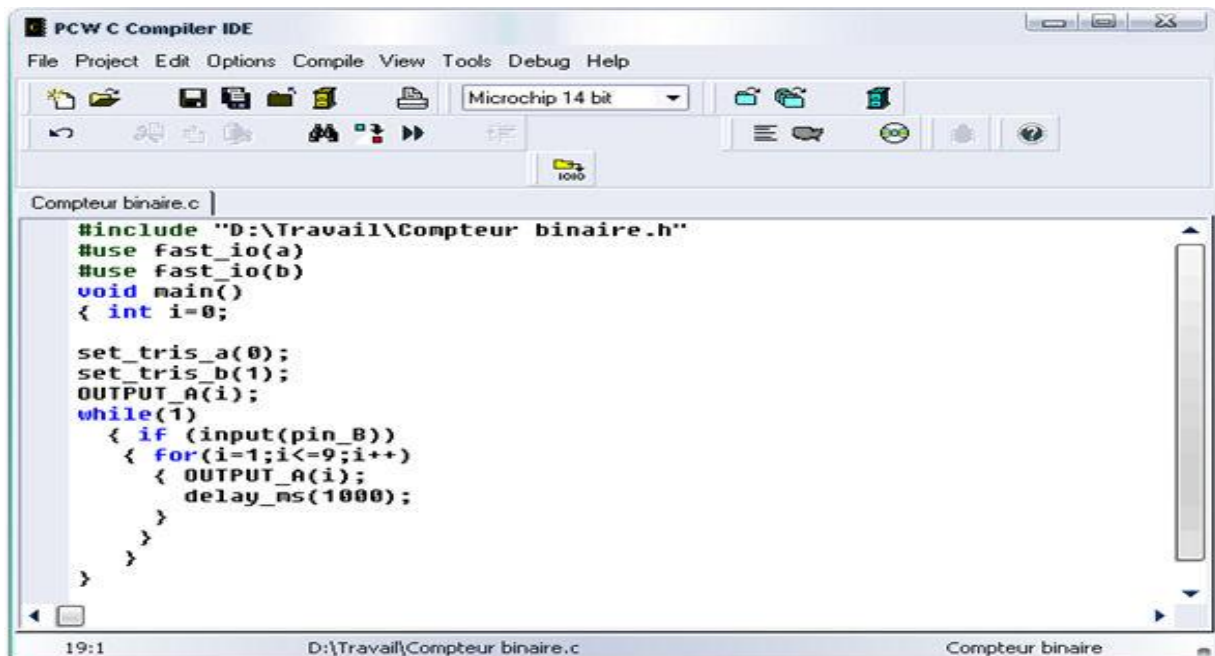
The screenshot shows the PCW C Compiler IDE interface. The menu bar includes File, Project, Edit, Options, Compile, View, Tools, Debug, and Help. The toolbar contains various icons for file operations and compilation. The target device is set to 'Microchip 14 bit'. The main editor window displays the following C code:

```
#include "D:\Travail\Compteur binaire.h"

void main()
{
    setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
    setup_adc(ADC_OFF);
    setup_psp(PSP_DISABLED);
    setup_spi(FALSE);
    setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_1);
    setup_timer_1(T1_DISABLED);
    setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
}
```

The status bar at the bottom indicates the current line is 1:1, the file path is D:\Travail\Compteur binaire.c, and the window title is Compteur binaire.

- Ainsi on commence la saisie des instructions nécessaires et à la fin on compile.



The screenshot shows the PCW C Compiler IDE interface with the completed code for 'Compteur binaire.c'. The code includes the necessary headers and implements a binary counter using a while loop and a for loop.

```
#include "D:\Travail\Compteur binaire.h"
#include <fast_io/a>
#include <fast_io/b>
void main()
{ int i=0;

  set_tris_a(0);
  set_tris_b(1);
  OUTPUT_A(i);
  while(1)
  { if (input(pin_B))
    { for(i=1;i<=9;i++)
      { OUTPUT_A(i);
        delay_ms(1000);
      }
    }
  }
}
```

The status bar at the bottom indicates the current line is 19:1, the file path is D:\Travail\Compteur binaire.c, and the window title is Compteur binaire.

PCW C Compiler IDE

File Project Edit Options **Compile** View Tools Debug Help

Compile F9

Compteur binaire.c | Compteur binaire.h

```

#include "D:\Travail\Compteur binaire.h"
#include fast_io(a)
#include fast_io(b)
void main()
{ int i=0;

set_tris_a(0);
set_tris_b(1);
OUTPUT_A(i);
while(1)
{ if (input(pin_B0))
{ for(i=1;i<=9;i++)
{ OUTPUT_A(i);
delay_ms(1000);
}
}
}
}

```

5:11 D:\Travail\Compteur binaire.c Compteur binaire

PCW C Compiler IDE

File Project Edit Options Compile View Tools Debug Help

Microchip 14 bit

Compteur binaire.c

```

#include "D:\Travail\Compteur binaire.h"
#include fast_io(a)
#include fast_io(b)
void main()
{ int i=0;

set_tris_a(0);
set_tris_b(1);
OUTPUT_A(i);
while(1)
{ if (input(pin_B0))
{ for(i=1;i<=9;i++)
{ OUTPUT_A(i);
delay_ms(1000);
}
}
}
}

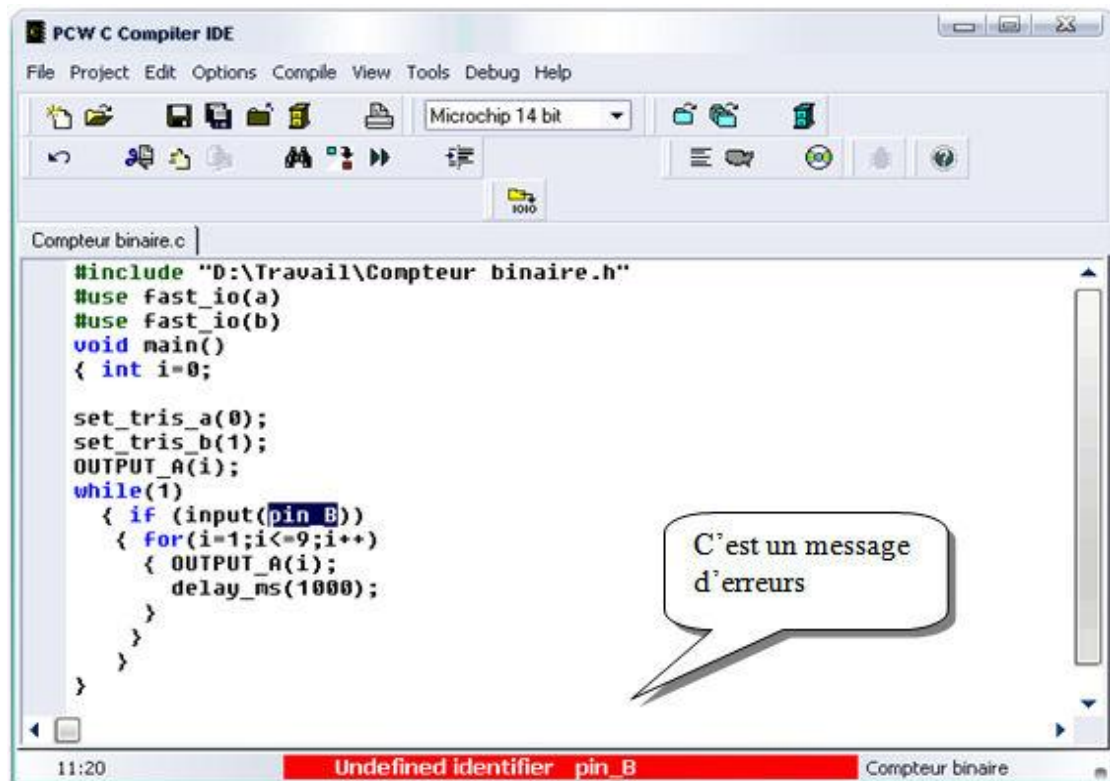
```

CCS PCM C Compiler, Version 3.206

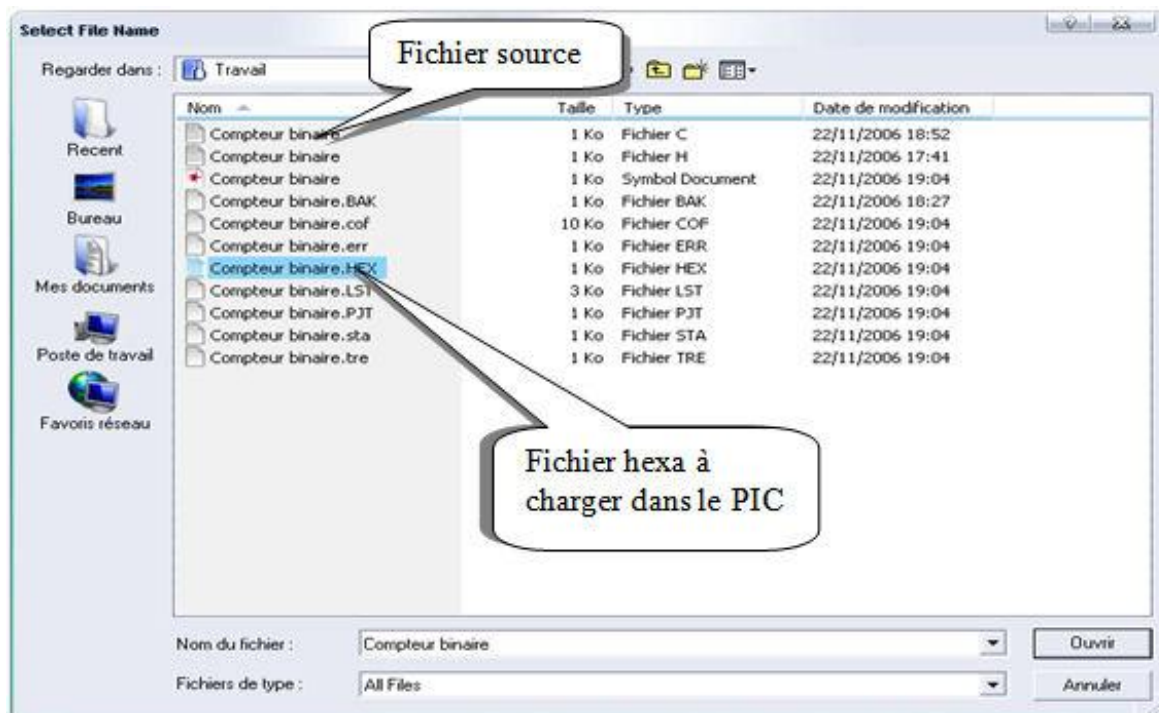
Registered to:
Monash University, Mark Symonds

Project: D:\Travail\Compteur binaire.c	
Files: 3, Statements: 11, Time: 1 Sec, Lines: 304	
Output files: ERR HEX SYM LST COF PJT TRE STA	
0 Errors, 0 Warnings, Time: 1 Seconds	
ROM:	1%
RAM:	4%

11:21 D:\Travail\Compteur binaire.c Compteur binaire

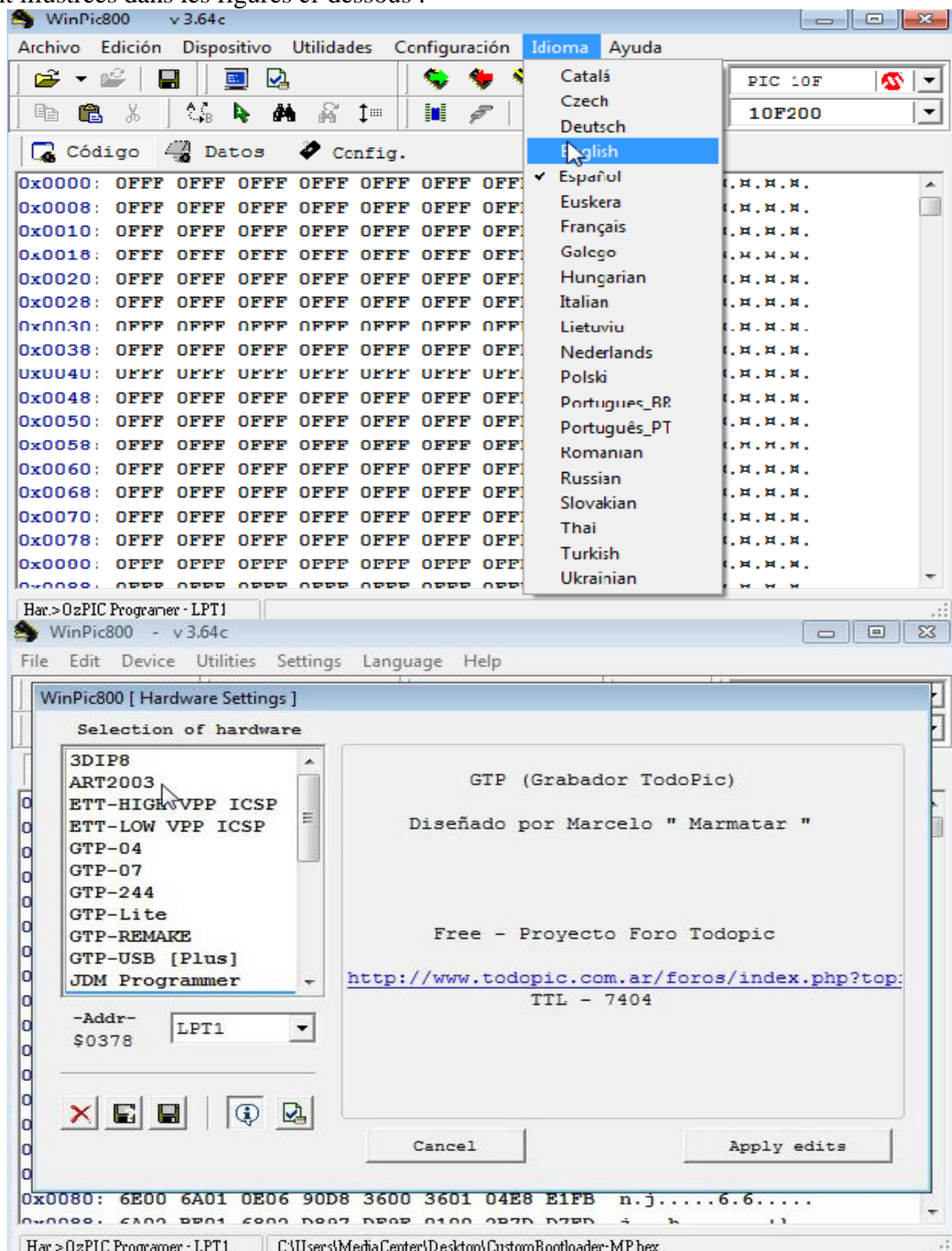


- Après la compilation, s'il n'y a pas d'erreurs on obtient la figure suivante :

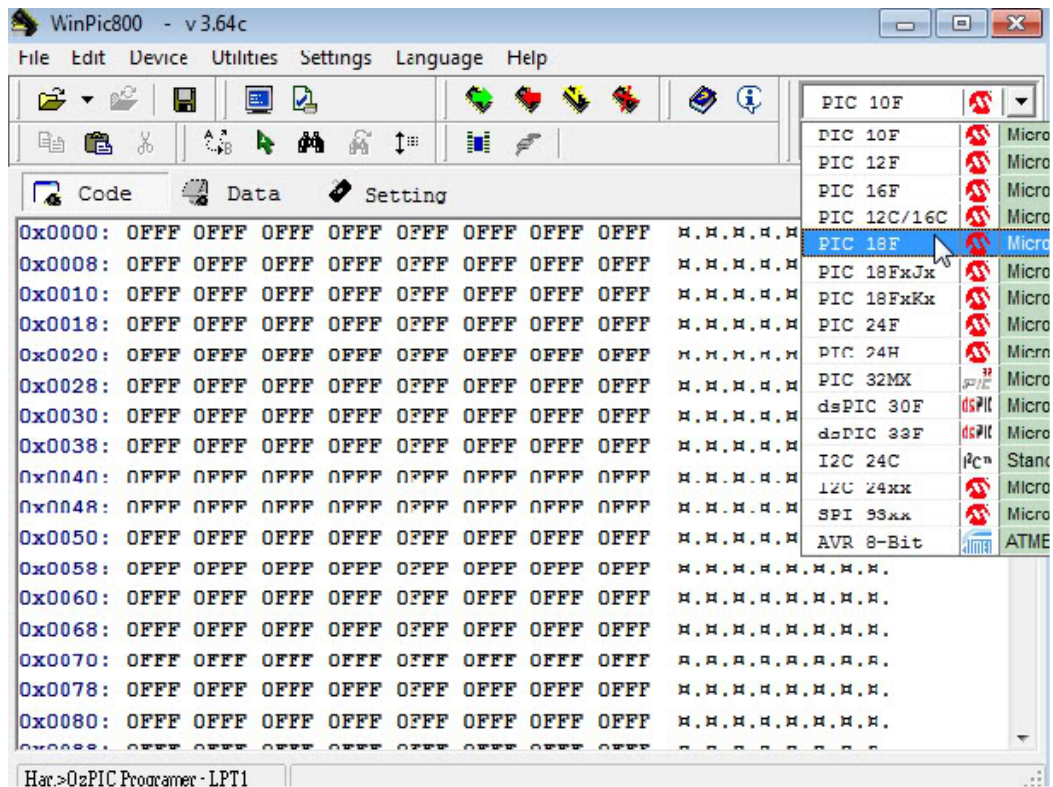


- En quatrième et dernier lieu, on charge le programme sous sa forme hexadécimale dans le PIC avec le programmeur WINPIC.

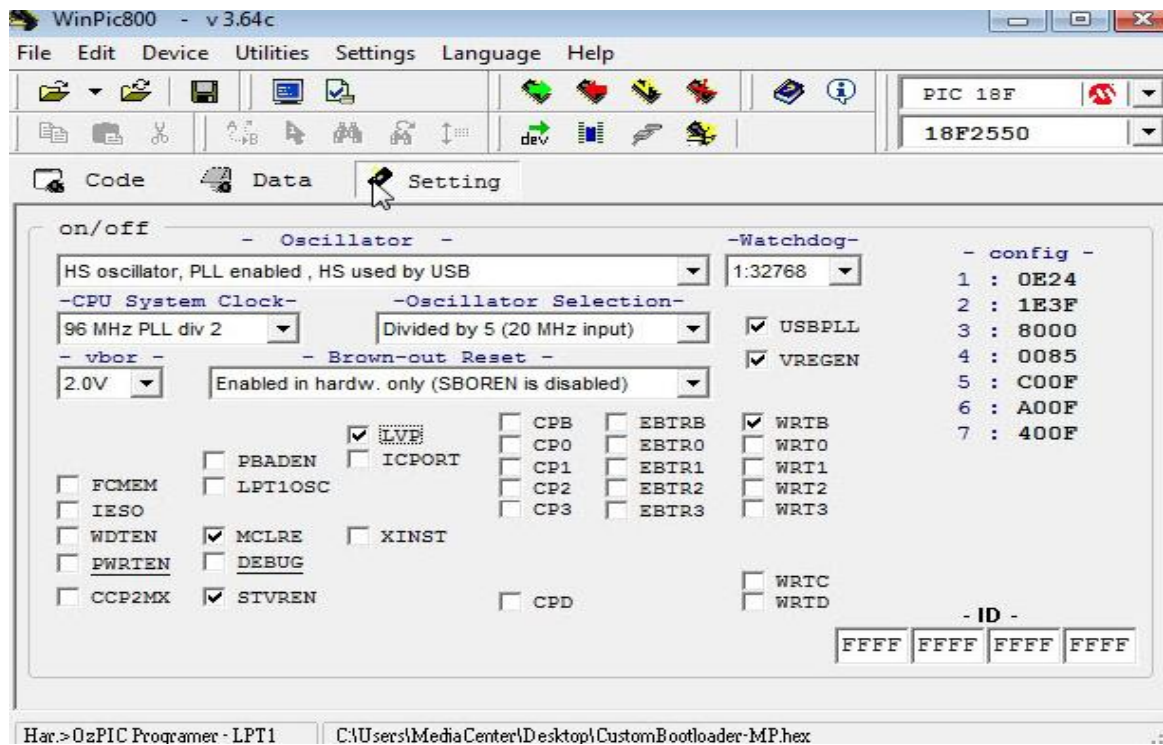
Le programmeur winpic sert d'outil d'implantation du programme dans le microcontrôleur. Avant tout, il faut bien positionner le pic sur le support du programmeur, les étapes à suivre sont illustrées dans les figures ci-dessous :

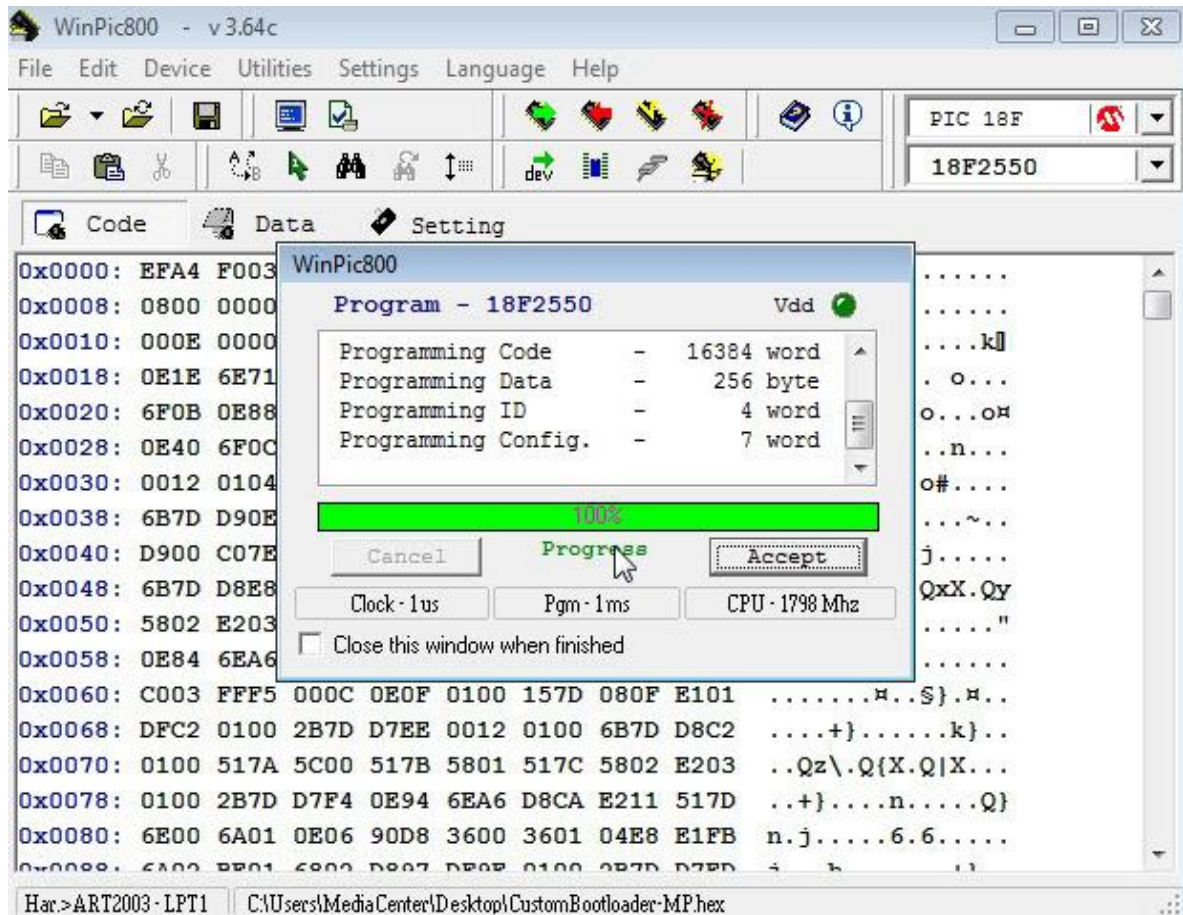


- Après la configuration du hardware a utilisé, on doit aussi définir le pic à programmer.



- Après l'étape de configuration, on lance le chargement du programme.

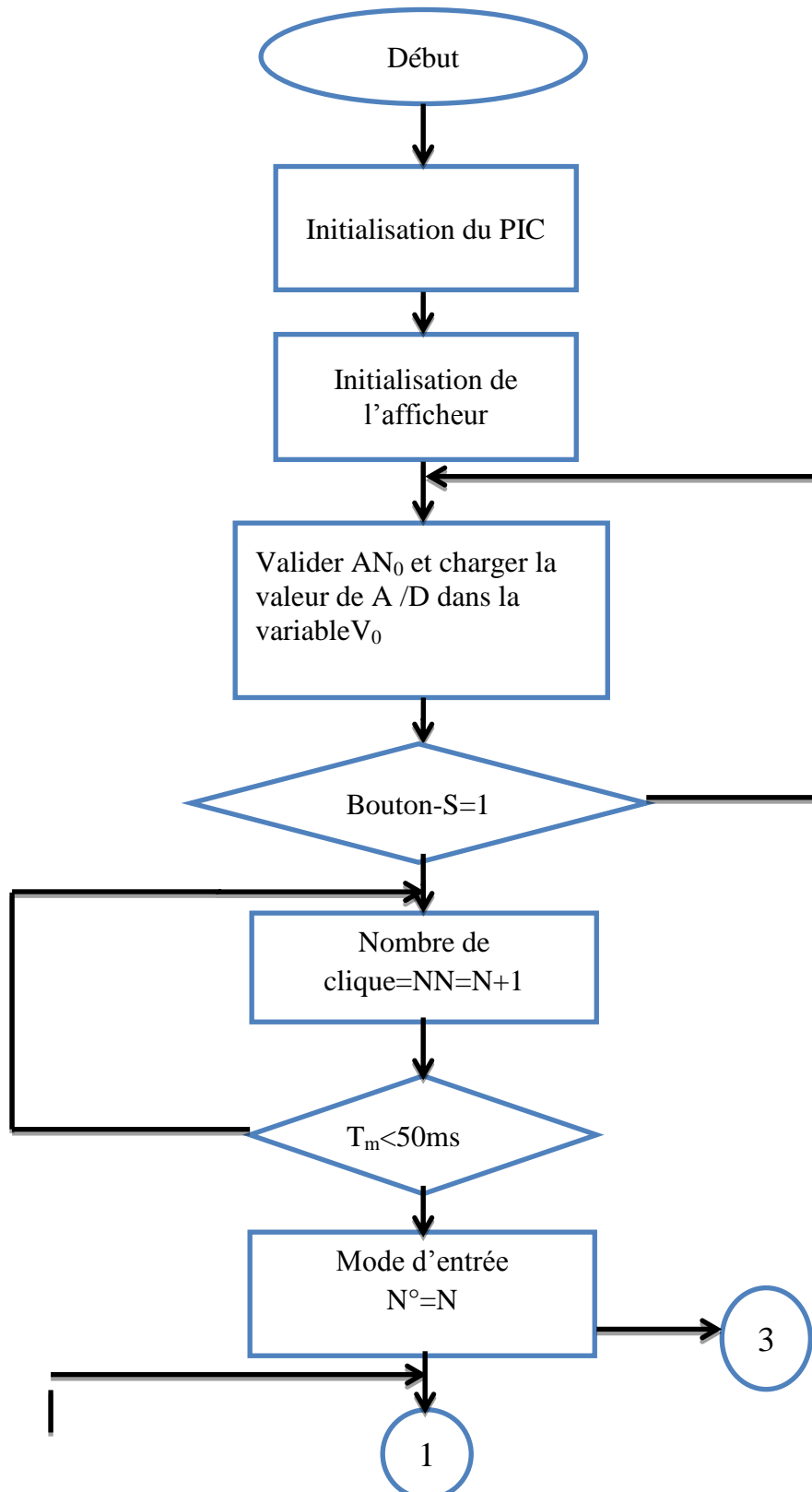


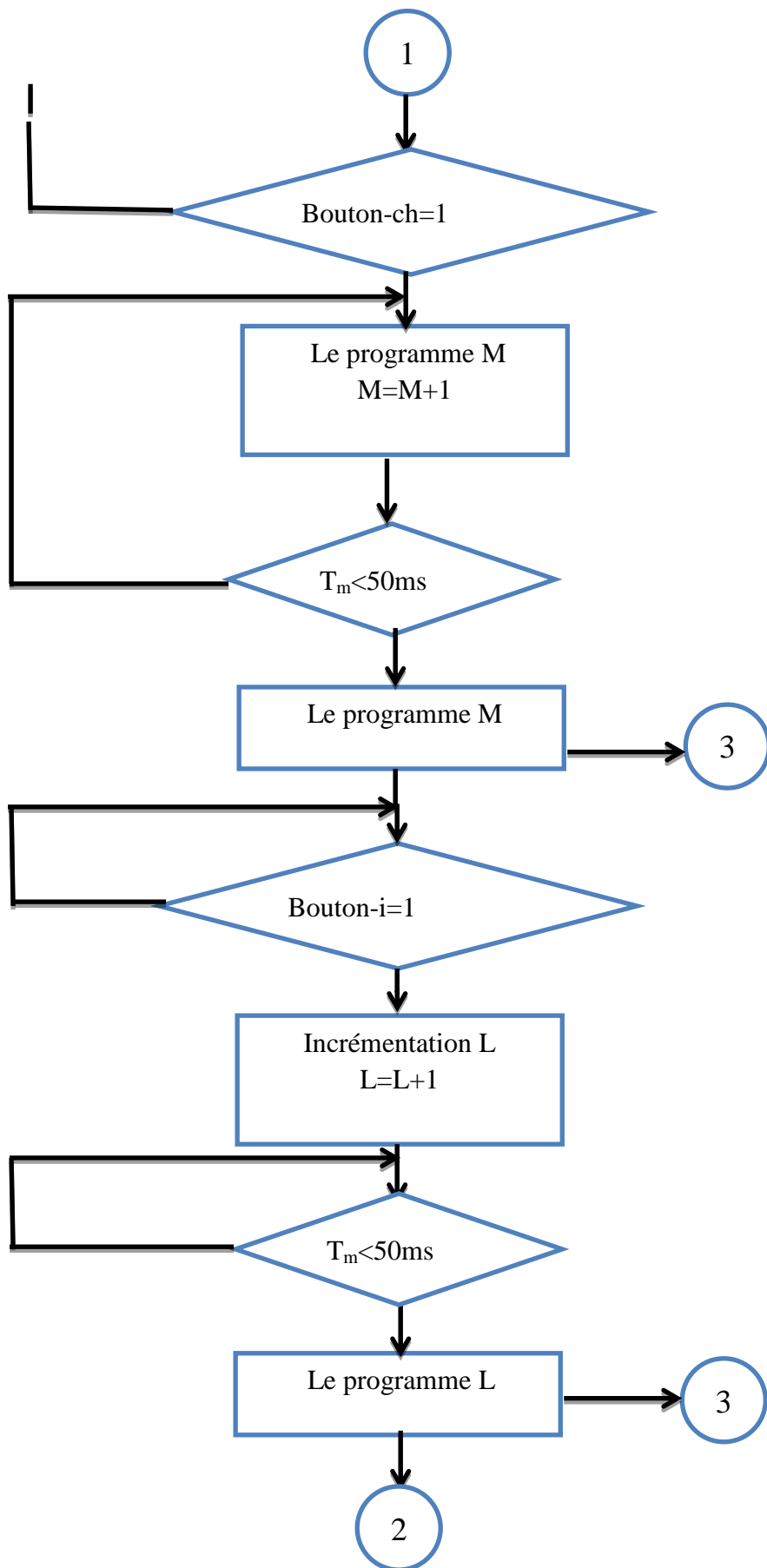


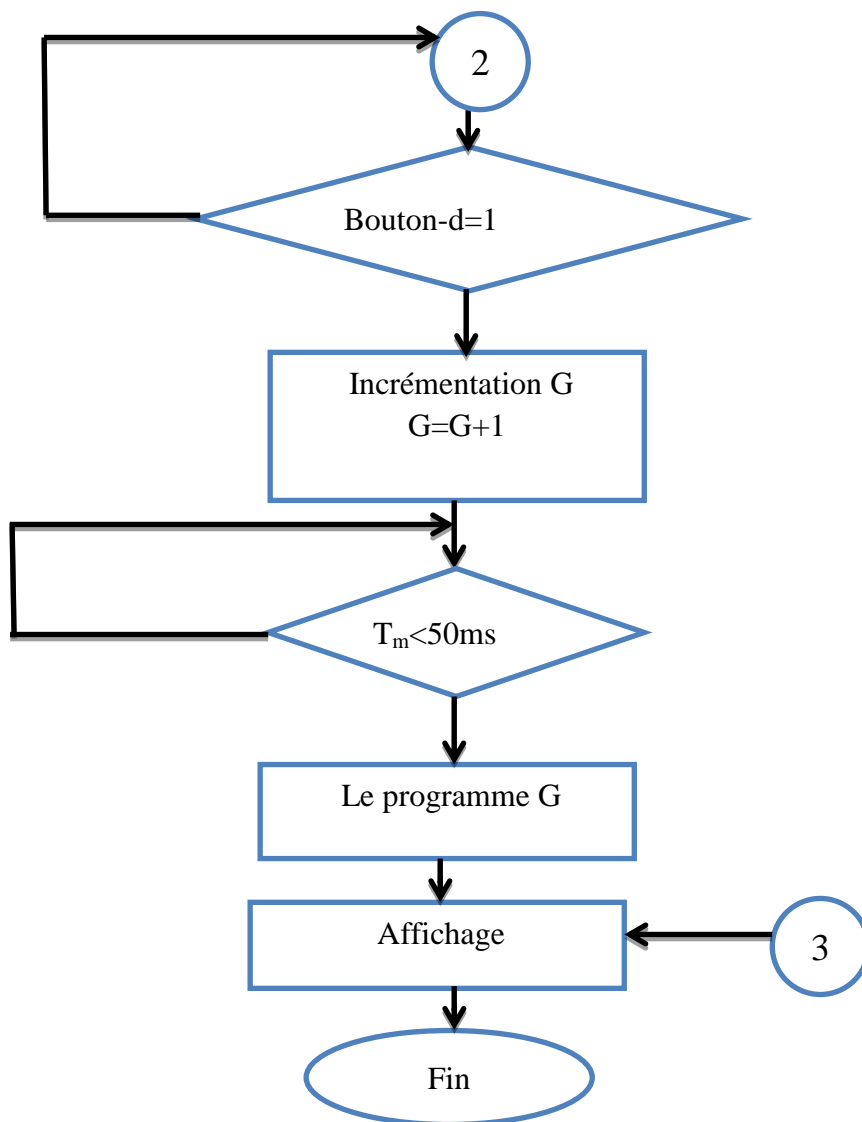
III.3 Programme de commande

Nous exposerons le fonctionnement du programme de commande en donnant l'organigramme principal et le déroulement des différentes étapes.

III.3.1 Organigramme principal







III.3.2 Interprétation du programme de commande

Le fonctionnement général du programme est représenté dans l'organigramme précédent, dont le déroulement est basé principalement sur la gestion des boutons poussoirs. Notre clavier se compose de quatre boutons poussoirs :

- Bouton sélection.
- Bouton choix.
- Bouton d'incrément.
- Bouton décrémentation.

III.3.2.1 Le bouton poussoir de sélection

Il permet de sélectionner les différents modes d'entrées selon le nombre d'appuis effectué la dessus :

- Sa première mise en masse sélectionne l'entrée analogique
- Le second appui sélectionne l'entrée numérique (Switch)
- Le troisième appui sélectionne le control via le PC
- Le quatrième appui sélectionne l'entrée manuelle
- Enfin le cinquième appui permet de sortir de menu mode d'entrée

III.3.2.2 Le Bouton poussoir choix du programme

Ce bouton permet de choisir le programme à exécuter, c'est-à-dire :

- Le premier appui sélectionne le programme PWM
- Le deuxième appui sélectionne le programme PFM
- Le troisième fait sortir l'utilisateur du menu choix du programme

III.3.2.3 Le Bouton poussoir incrémenter

Il est opératif après avoir choisi le mode d'entrée et le programme sélectionné :

- si l'opérateur a choisi d'exécuter le programme PWM, ce bouton permet d'augmenter le facteur variable qui est rien d'autre que le rapport cyclique α .
- s'il a choisi d'exécuter la PFM, le bouton fait incrémenté la fréquence du signal.

III. 3.2.4 Bouton poussoir décrémente

Il est aussi fonctionnel après avoir sélectionné l'entrée et le programme, il décrémente les facteurs variables (rapport cyclique, fréquence).

III.4 Conclusion

Ce chapitre expose les différentes étapes de programmation du PIC 18F458, dont nous avons implanté le programme qui va nous permettre de générer le signal PWM/PFM avec les paramètres recommandés.

Dans le dernier chapitre nous entamons l'application sur notre carte.

**SIMULATION,
REALISATION ET
TESTS**

IV.1 Introduction

La réalisation pratique diffère dans sa constitution de la simulation, de ce que demande comme esprit réaliste et pratique la conception d'un circuit électrique sur le simulateur ISIS, et la réalisation pratique se base sur les datasheets donnés par le constructeur et les détails qui viennent avec, l'oubli d'un seul contact mettra en péril le fonctionnement de tout ou une partie du circuit.

IV.2 Mise en œuvre

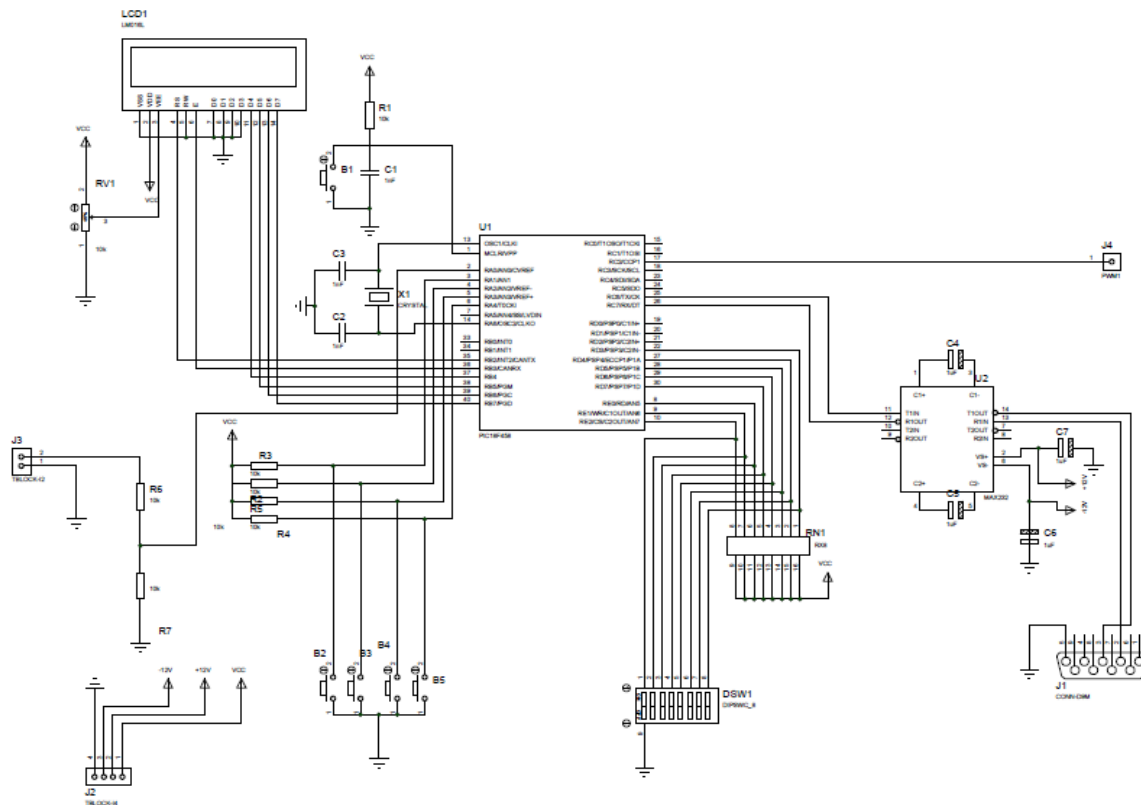
Les étapes de fabrication du circuit imprimé sont

- Dessin du schéma électrique
- Dessin du circuit imprimé
- Impression du masque développement finition et perçage
- Montage des composants

IV.3 Schéma électrique de la carte

Une fois le cahier de charges validé, on procède à la conception et la simulation des différents blocs constituant notre carte.

Il existe de nombreux logiciels de CAO (Conception Assisté par Ordinateur) qui nous permettent de réaliser ces simulations facilement telles que ISIS (Intelligent Schématique Input System). Comme on peut le voir ci-dessous on dessine le schéma électrique en utilisant Les bibliothèques de composants incluses dans celui-ci. Ainsi nous avons testé le comportement du circuit grâce aux différents modes de simulations.



FigureIV.1 Schéma électrique de la carte

IV.4 Le circuit imprimé

Le dessin du circuit imprimé se fait aussi par des logiciels de Conception Assisté par Ordinateur, pour notre carte on a fait le circuit avec ARES qui est un module de conception de circuit imprimé. Il permet :

- Le placement des composants en mode automatique, manuel ou semi-automatique
- Le routage des liaisons sur 16 couches en mode automatique manuel ou semi-automatique.
- Il comporte une bibliothèque de composant traditionnels et une pour CMS
- Une passe supplémentaire, dite de nettoyage, permet de réduire la longueur des connexions et de minimiser le nombre de traversées afin d'améliorer l'esthétique du circuit.
- Il intègre un générateur de plan de masse.

Ci-dessous le circuit imprimé de la carte de commande

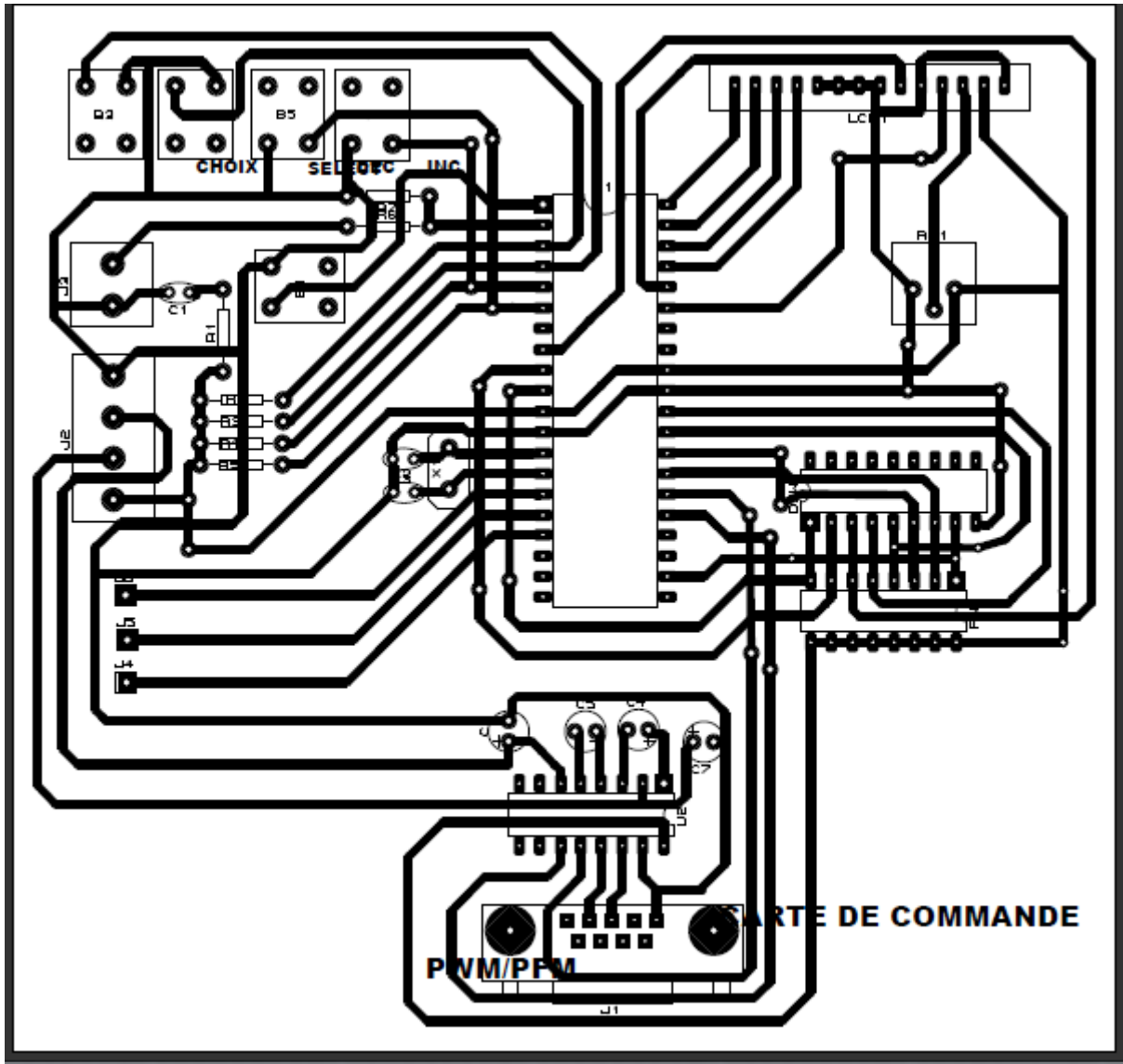
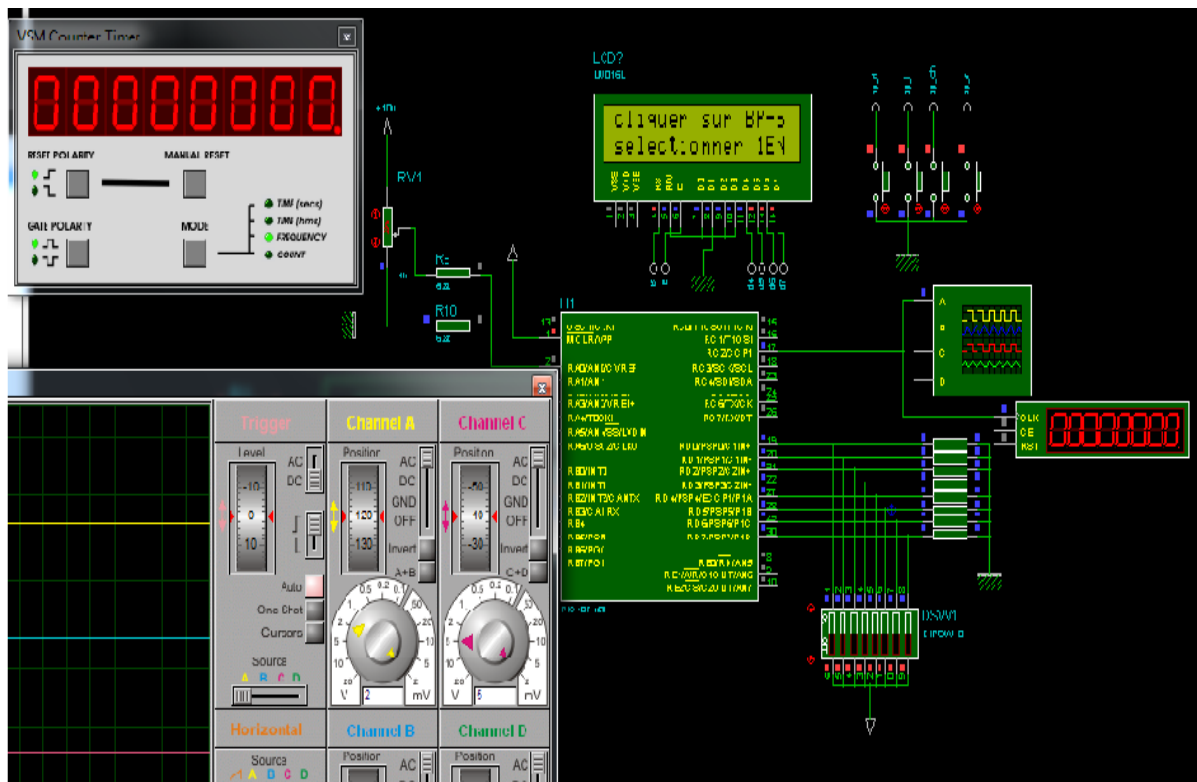


Figure IV.2 De circuit imprimé de la carte de commande

IV.5 Simulation et tests

Dans cette partie on exposera la simulation des différents modes entrées :



FigureIV.3L'environment globale de simulation .

Pour le choix des différents modes d'entrées on agit sur le bouton poussoir S, ensuite on sélectionne le programme a exécuter. Dans ce qui suit nous allons illustré quelques exemples de simulation :

- La simulation de la PFM avec l'entrée analogique pour une fréquence $f=1.5\text{KHz}$.
En faisant varier la tension avec un potentiomètre on une variation de fréquence.

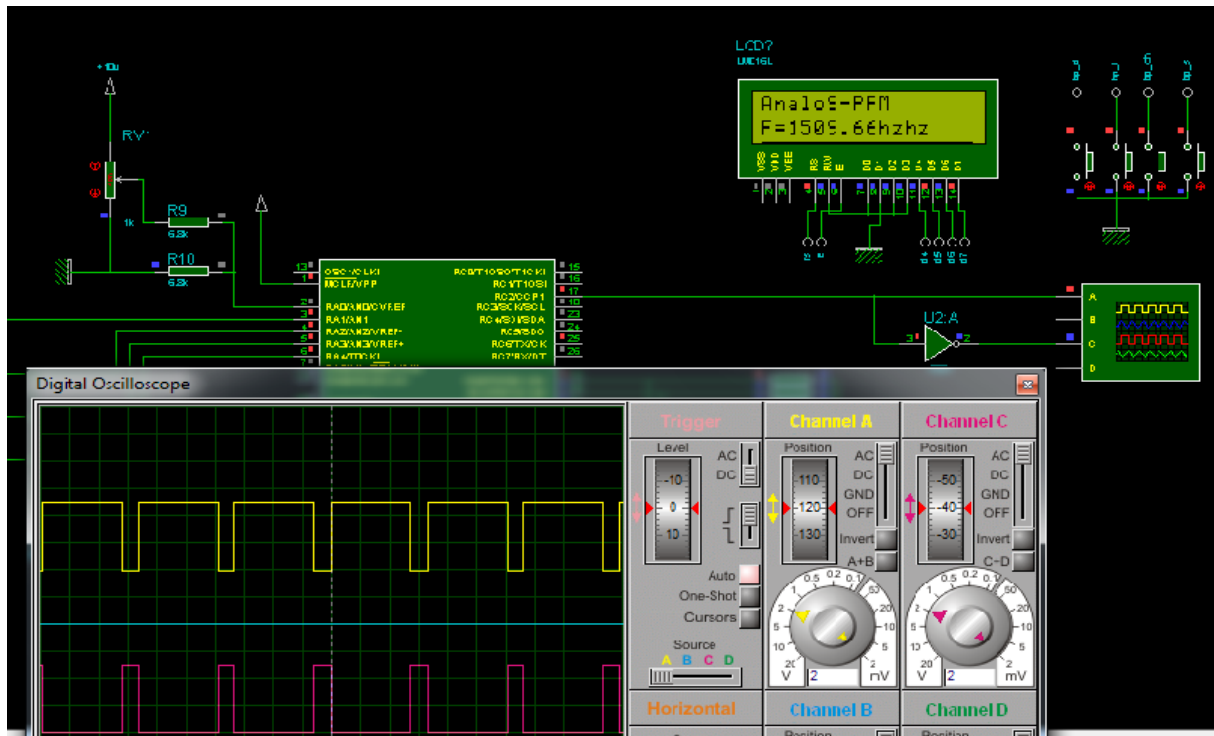


Figure IV.4 la PFM avec l'entrée analogique

- La variation du rapport cyclique avec l'entrée manuelle en utilisant le switch

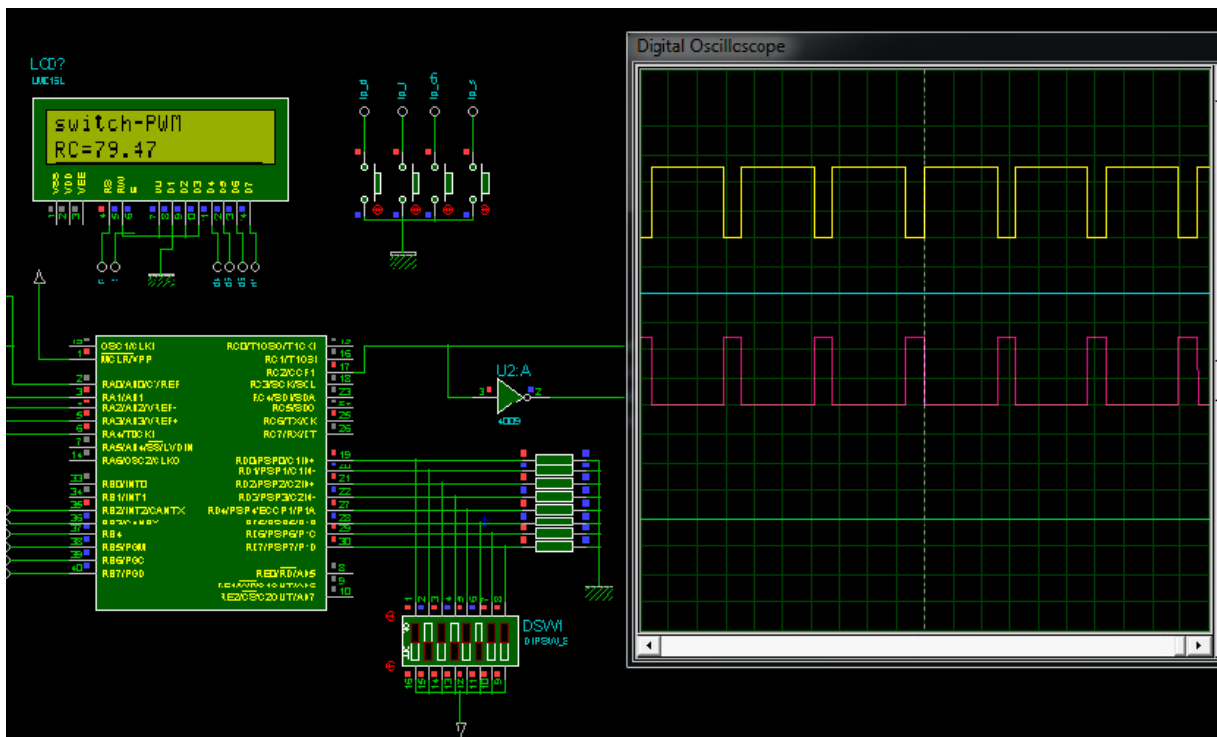


Figure IV.5 la PWM avec l'entrée manuelle

IV.6 Application sur le hacheur deux quadrants

Les différents résultats du TP sont illustrés dans les figures suivantes :

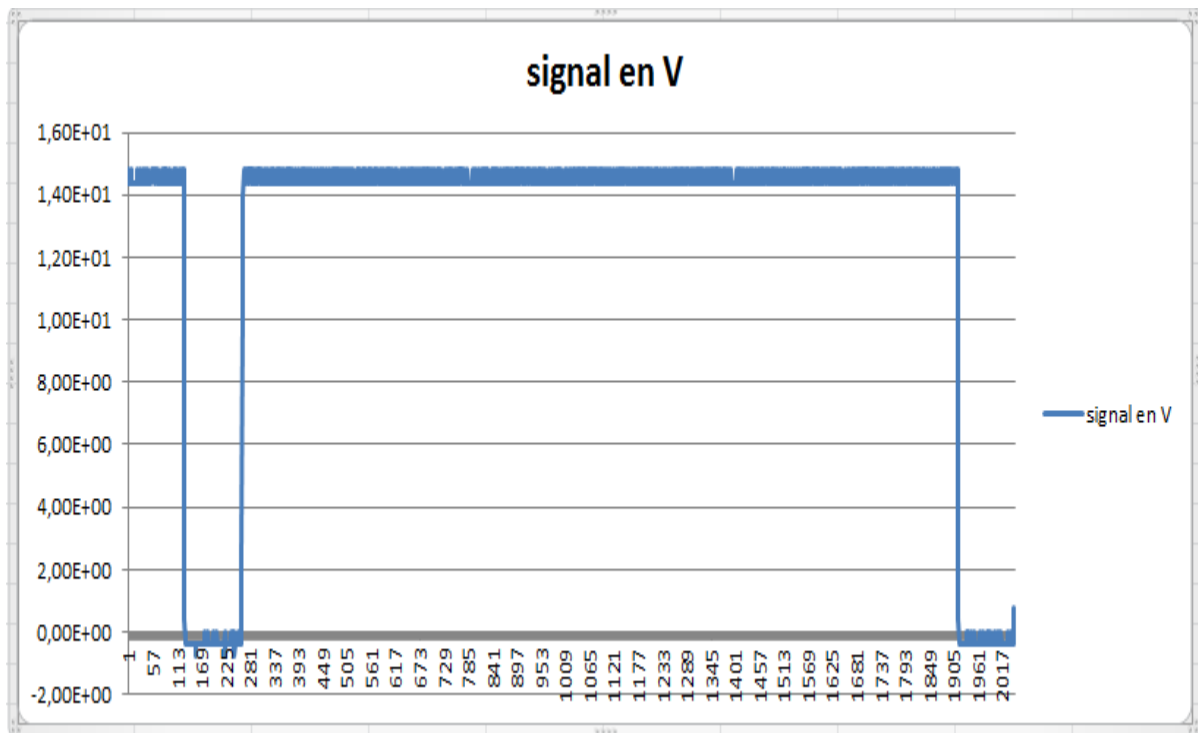


Figure IV.7 Le signal de commande avec un rapport cyclique large.

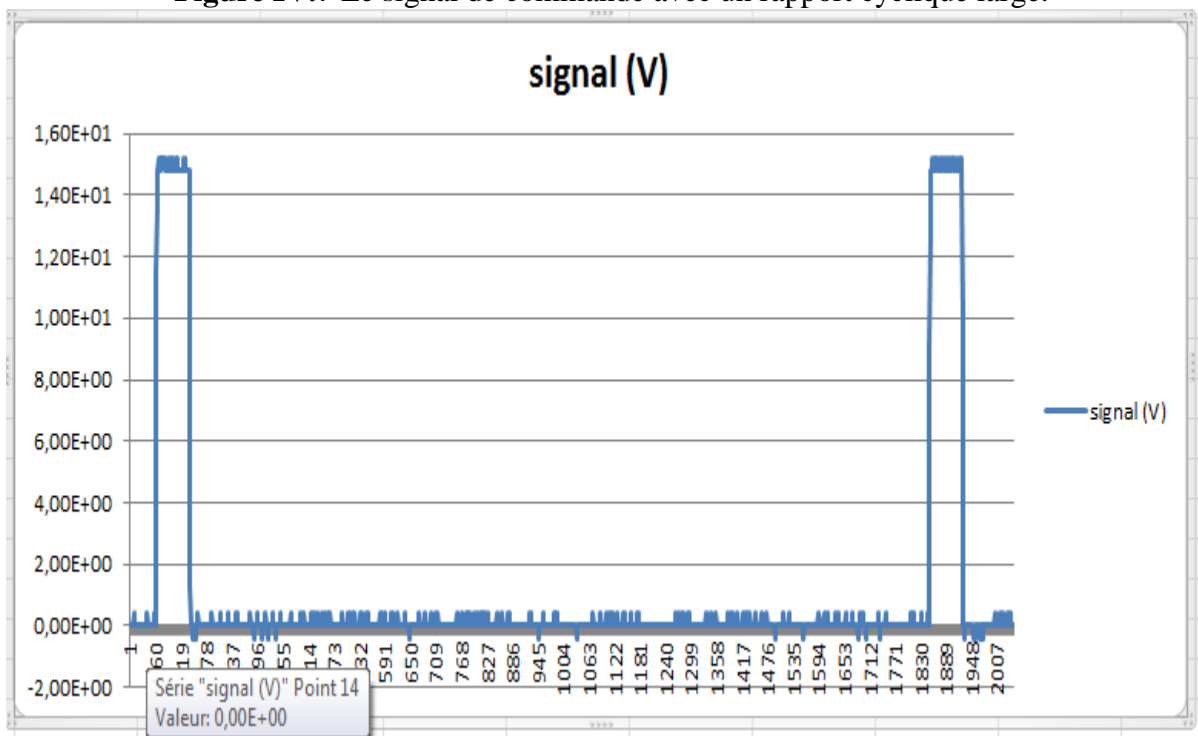


Figure IV.8 Le signal de commande avec un rapport cyclique faible.

Pour les deux figures la dessus on constate que la tension de commande varie en fonction du rapport cyclique α (2 .25% jusqu'à 97.5)

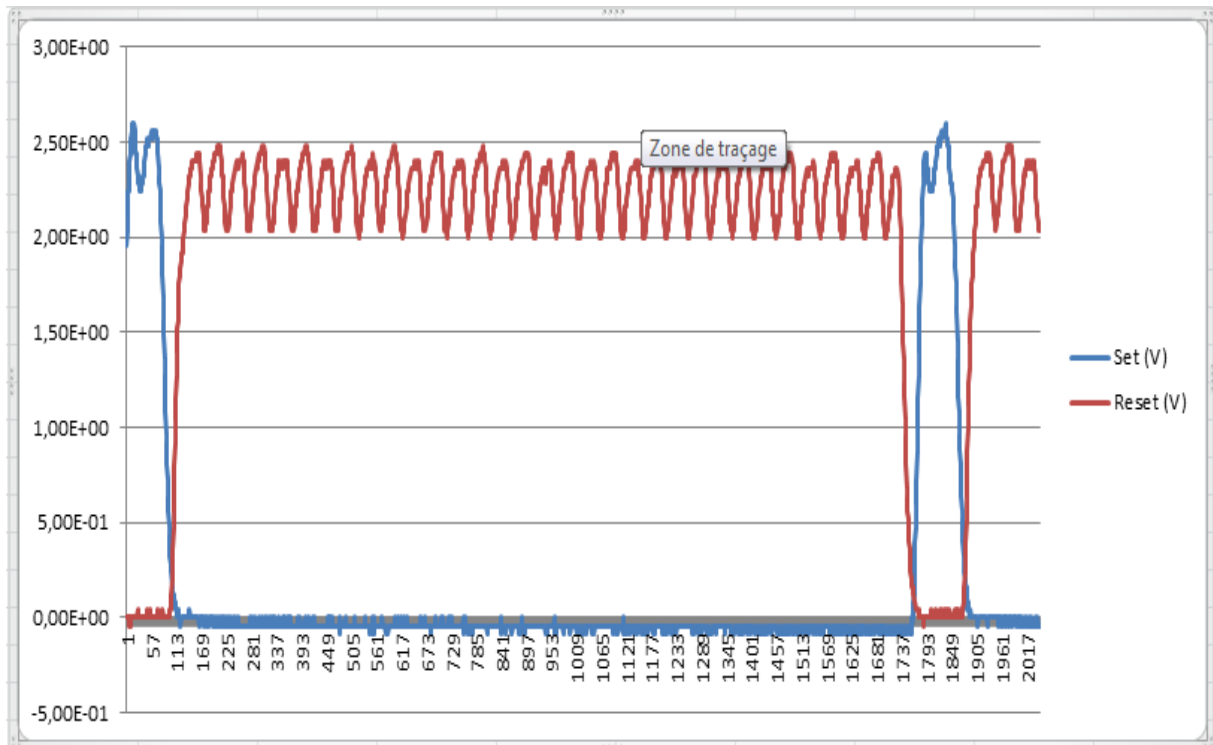


Figure IV.9 Le signal de commande à la sortie du driver.

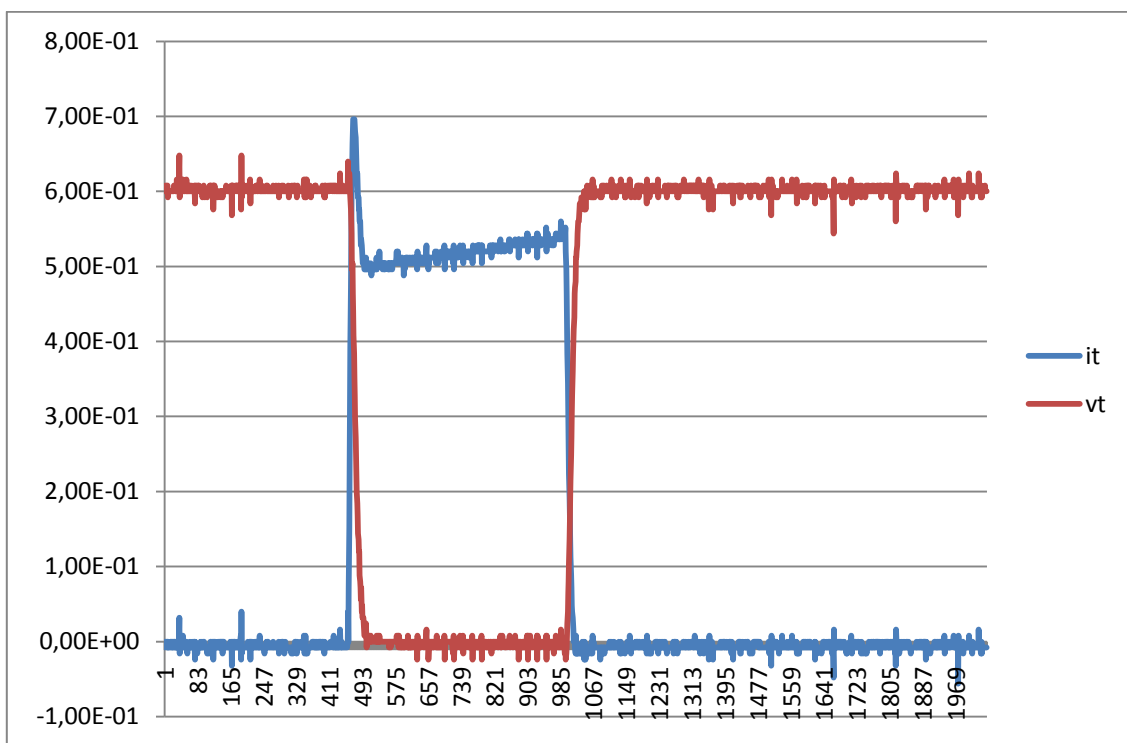


Figure IV.10 Le courant de la source et la tension du transistor.

Cette figure nous montre le problème de commutation et cela au niveau du pic, qui est du à la variation importante du circuit RL (dt/di).

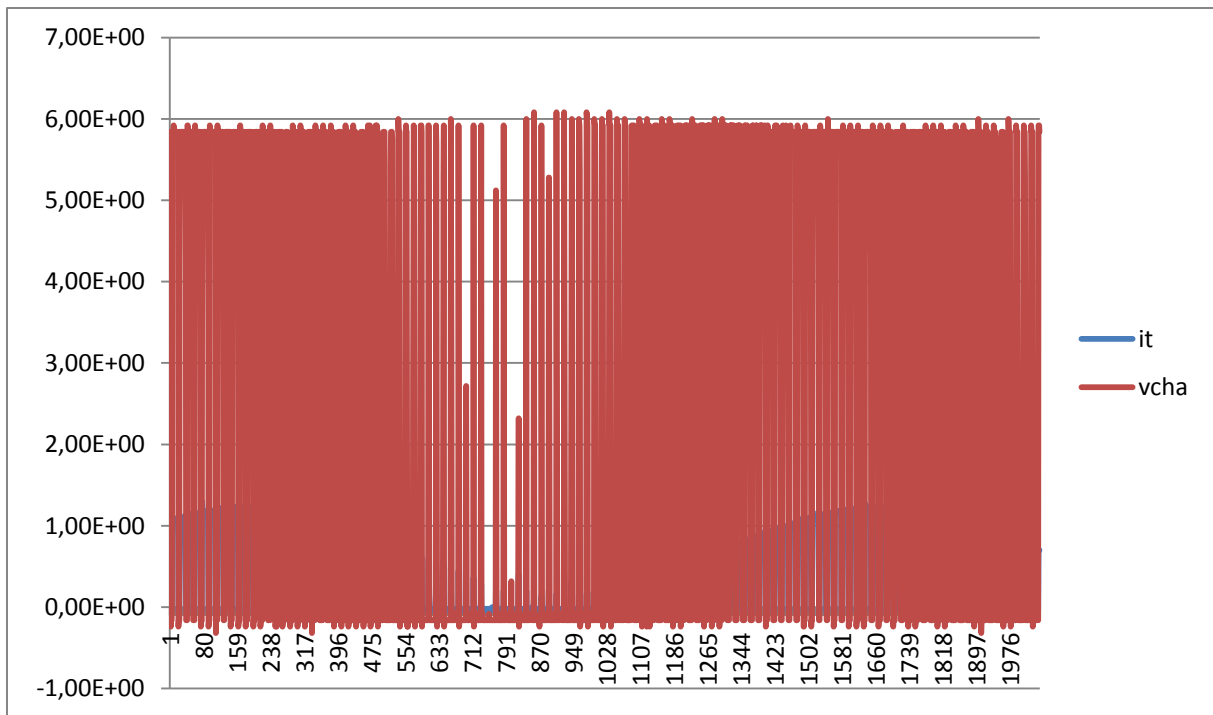


Figure IV.11 Le courant de la source et la tension de charge.

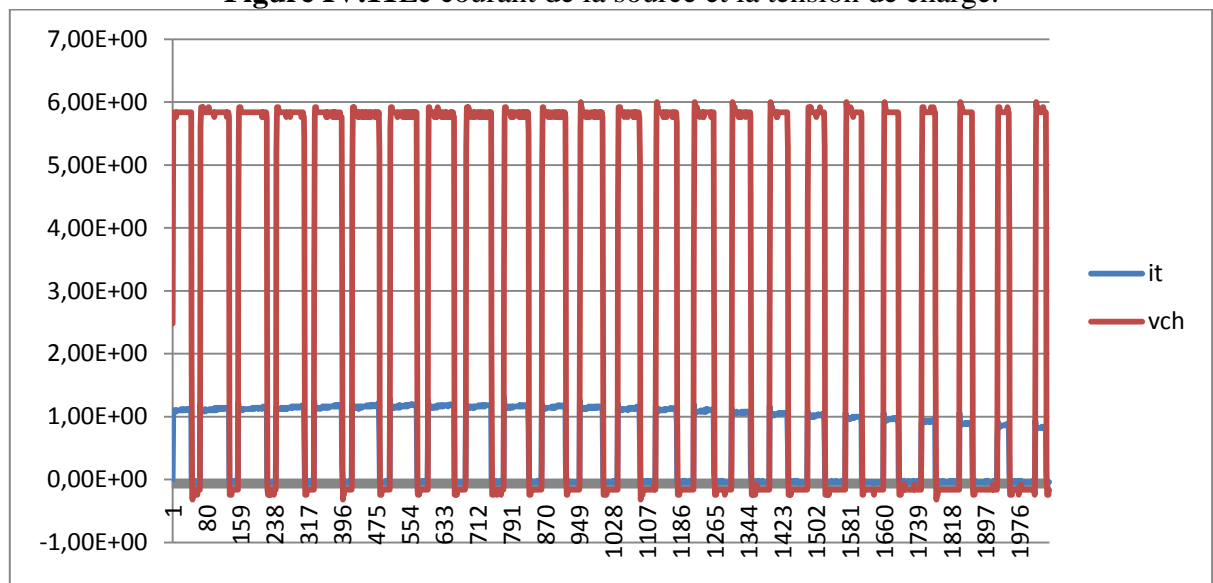


Figure IV.12 Le courant de la source et la tension de charge.

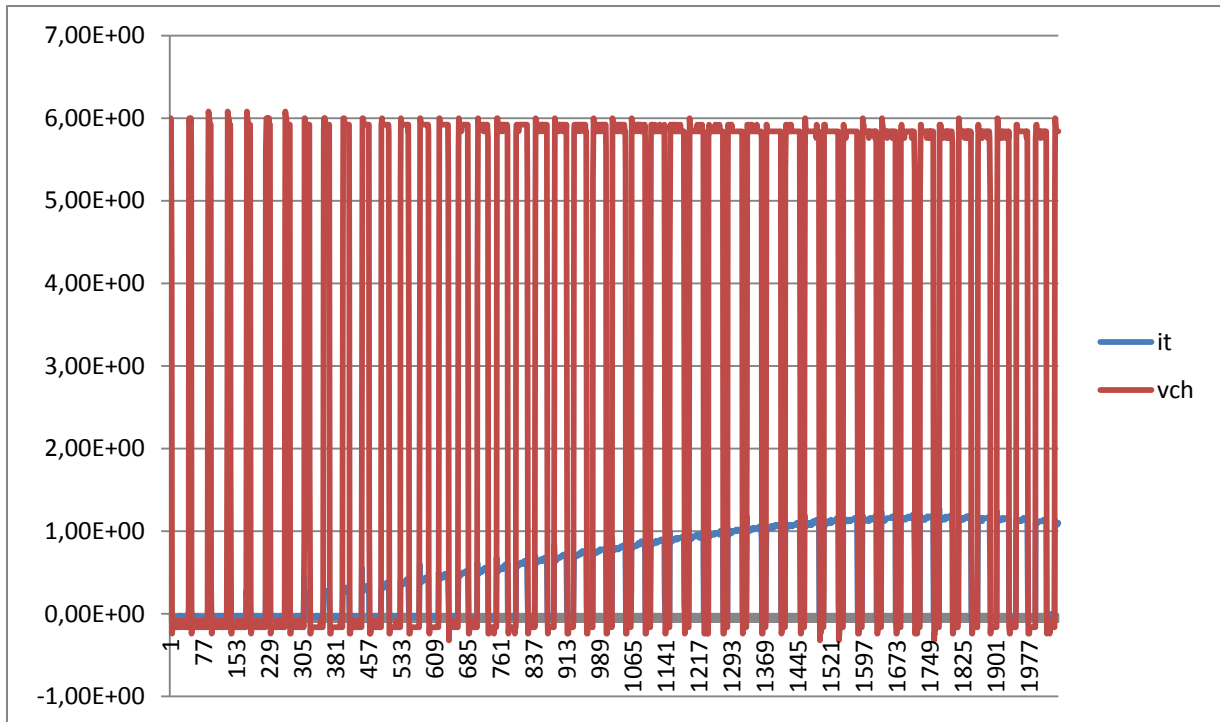


Figure IV.13 Le courant de la source et la tension de charge.

Ces figures montrent la variation du courant du transistor qui est sous une sinusoïde ainsi que la tension de charge.

IV.7 Conclusion

Dans ces exemples d'application nous avons met en évidence les résultats théoriques. Cette carte de commande peut être exploiter dans un large domaine pour les composants de puissance.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Le travail que nous avons effectué est pour nous le premier pas vers un monde nouveau et complexe mais très intéressant. Notre recherche bibliographique dans le domaine de l'électronique, électrotechnique et informatique tel que « les composants de puissance (MOSFET, IGBT), hacheurs et onduleur monophasé ainsi que la programmation, nous a permis d'enrichir nos connaissances et de développer notre base théorique.

Nous avons réussi à atteindre notre objectif principal qu'est de fournir un outil de commande moins couteux et utile qui est caractérisé par son universalité, flexibilité vu les divers modes d'entrées à exploiter.

Toute fois le champ d'investigation est très large et les méthodes très nombreuses, des améliorations peuvent être apportées à ce travail afin de le perfectionner et de l'enrichir :

- Au niveau de circuit de commande, on introduisant d'autres applications telles que le processus de régulation.
- Au niveau du circuit d'adaptation en effectuant une transmission à distance via des modules GSM, WIFI ou inclusion du système SCADA.

Bibliographie

- Martin P. Bates « programming 8 bit Microcontrollers in C »
- Nigel grander « an introduction to programming the microchip pic in CCS C »
- Howie p.hsu «signal and systems »
- Francis Labrique & Gay Segier & Robert Baussiere «Les Convertisseurs De L'électronique De Puissance »
- Jaques Laroche «Electronique de puissance » paris DUNO 2005(cote ep1)
- Michel Pinard« Convertisseurs et electronique de puissance, Commande, Description, Mise En Œuvre »paris DUNO 2007 (cote ep60)
- Christian tavernier « programmation en C des PIC »PARIS DUNO
- La Programmation Des Pic Par Bigonoff
- Christian tavernier « programmation en C des PIC »PARIS DUNO
- Geullili.A thèse ingénieure « Etude Et Réalisation D'une Carte De Commande PWM/PFM Universelle»UMMTO 2010(cote ING.ELN40 »
- Thèse ingénieur« Réalisation D'une Carte De Commande D'un Agitateur Magnétique » UMMTO 2009 (cote ING.ELN17)
- Harrache.M « Unité de commande universelle par modulation de largeur d'impulsion (PWM) et variation de fréquence (PFM) » UMMTO 2007 (cote ING.ELN 09)
- Attik .k thèse d'ingénieur « Segmentation de paramètres de compensation du facteur de puissance à base d'1 microcontrôleur 18F458 »UMMTO (cote ING.ELN29)

