

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك
Département d'Électronique



Mémoire de Projet de Fin d'Études

présenté par

DOURI Anes

&

YAMZI Ali

pour l'obtention du diplôme de master en Électronique option automatique

Thème

Régulation automatique du fonctionnement d'un store à base du PIC 16F877a

Proposé par : Melle. CHENTIR Amina

Année Universitaire 2011-2012



REMERCIEMENTS

*Nous remercions **ALLAH** tout puissant qui nous a donné le courage,
la force et la volonté pour réaliser ce modeste travail.*

*Nous remercions tout particulièrement Melle **CHENTIR AMINA**, pour la
proposition de ce sujet, son encadrement, sa disponibilité et son soutien dans notre
recherche d'information et ses conseils lors de l'élaboration du projet,*

*Nous remercions aussi l'ensemble du personnel du laboratoire **LATSI** pour nous
avoir permis de réaliser ce projet dans de bonnes conditions.*

*Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, par leurs aides
et conseils, à finaliser ce projet.*

ANES & ALI.





Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à mes chers parents qui ont fait de moi
ce que je suis.*

A mes frères et mes sœurs.

A mes Oncles, Tantes et cousins et alliés de la famille.

*ET à ma promotrice **CHENTIR AMINA.***

*En ce moment, je ne peux oublier
l'ensemble des amis que j'ai connu pendant mes études et à
ceux qui ont prodigué leurs vifs conseils, encouragements et
témoigné de leur amitié.*

ALI.



Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à mes chers Parents qui ont été
de tout temps, les plus proches, qui n'ont jamais ménagé
leurs efforts, leurs encouragements et leur soutien avec
abnégation et patience,*

Sans oublier mes Grands Parents.

A mes sœurs.

Et à ma promotrice CHENTIR AMINA.

A mon oncle, mes tantes et cousins et alliés de la famille.

A tous mes amis.

ANES.

ملخص

العمل المقدم في المذكرة هو عبارة عن دراسة و إنشاء بطاقة تحكم بواسطة المتحكم الدقيق (pic16f877a), للتحكم في فتح و غلق المظلة. هذا التحكم يعتمد على الحالة الجوية (سرعة الريح, الشدة الضوئية) هذه الحالة تقاس بواسطة اللاقطين (anémomètre et luxmètre).

Résumé

Le travail présenté dans ce mémoire est une conception et réalisation d'une carte de commande à base de microcontrôleur (pic16f877a) afin de pouvoir commander l'ouverture ou la fermeture d'un store. Cette commande dépend des conditions climatiques (vitesse de vent et intensité lumineuse). Ces conditions sont capturées à partir d'un anémomètre et d'un luxmètre.

Abstract

The work presented in this memory is a conception and realization of command interface basis of microcontroller (pic16f877a) in ordering to control opening and closing of an awning. This command depends on the weather conditions (wind and brightness). these conditions are captured from an anemometer and a luxmeter.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

DEDICACES

RESUMES

LISTES DES FIGURES ET TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE 1 : CAPTEUR ET ACTIONNAIR

1.1	Introduction	3
1.2	Capteurs.....	3
1.2.1	Capteurs passifs	4
1.2.2	Capteurs actifs (ou capteurs directs)	4
1.2.3	Caractéristiques des capteurs actifs	5
1.3	Capteur de vent (Anémomètre)	6
1.3.1	Anémomètre à coupelles (dit de Robinson)	6
1.3.2	Mesure de vent.....	8
1.4	Le capteur solaire (cellule photoélectrique)	9
1.4.1	Principe de fonctionnement du capteur solaire.....	9
1.4.2	Applications.....	9
1.4.3	Avantages et Inconvénients	10
1.5	Moteurs.....	10
1.5.1	Définition.....	11
1.5.2	Intérêt.....	11
1.5.3	Classification	11
1.5.4	Commande du moteur à courant continu.....	12
1.6	Conclusion.....	13

CHAPITRE 2 : GENERALITES SUR LES MICROCONTROLEURS

2.1	Introduction	14
2.2	Généralités sur les microcontrôleurs PICs	14
2.2.1	Définition.....	14
2.2.2	Les différentes familles du microcontrôleur PICs.....	14
2.2.3	Identification du microcontrôleur PIC.....	15
2.3	Architecture du microcontrôleur PIC	16
2.4	Le microcontrôleur PIC 16F877A.....	16
2.4.1	Les broches de fonctionnement	17
2.4.2	Les broches d'alimentation	17
2.4.3	Les broches de quartz	18
2.4.4	La broche de réinitialisation	18
2.4.5	Les ports d'entrées/ sorties.....	19
2.5	L'environnement de Programmation MIKRO C.....	20
2.6	Présentation du programmeur de PIC.....	21
2.7	Conclusion.....	22

CHAPITRE 3 : ETUDE THÉORIQUE DES DIFFÉRENTS BLOCS

3.1	Introduction	23
3.2	Schéma synoptique.....	23
3.3	Présentation du store.....	24
3.3.1	Action en fonction de la vitesse du vent.....	24
3.3.2	Action en fonction de la luminosité.....	24
3.4	Le Choix Du Microcontrôleur	25
3.5	Acquisition de la mesure	25
3.6	Présentation de l'afficheur LCD.....	26
3.6.1	Fonctionnement et commande du LCD.....	26
3.7	Présentation de l'anémomètre	28
3.8	Capteur de lumière	29
3.8.1	Principe de fonctionnement de la photorésistance.....	29
3.9	Carte de commande.....	30

3.9.1	Moteur à courant continue	30
3.9.2	Etage de puissance	32
3.10	Descriptions de la carte d’Alimentation stabilisée	32
3.10.1	Choix du transformateur	33
3.10.2	Choix de pont de redressement	33
3.10.3	Choix des condensateurs.....	33
3.11	Conclusion.....	34

CHAPITRE 4 : REALISATION ET TESTS

4.1	Introduction	35
4.2	Présentation du logiciel PROTEUS.....	35
4.3	Implémentation des différentes cartes réalisées sur PROTEUS.....	36
4.3.1	Cartes d’alimentations	36
4.3.2	Carte de commande	37
4.4	Etalonnage des capteurs	37
4.4.1	Anémomètre	37
4.4.2	Photorésistance (LDR)	40
4.5	Principe de fonctionnement.....	44
4.5.1	Fonctionnement en position automatique.....	44
4.5.2	Fonctionnement en position manuelle	45
4.5.3	Réglage du seuil vent et du seuil luminosité	47
4.6	Réalisation des différentes parties	47
4.7	Conclusion.....	49
	CONCLUSION GENERALE	50
	Bibliographie	51
	ANNEXES	
	NOMENCLATEUR	

1.1. Introduction

Tous les systèmes électroniques ont en commun leur fonctionnement selon le principe ETS (Entrée, Traitement, Sortie) du traitement de l'information (*Figure 1.1*).

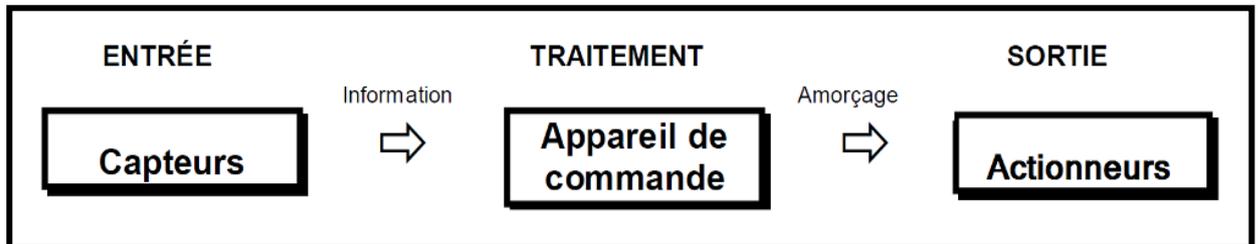


Figure 1.1 : Principe ETS [4].

Les organes d'entrées sont les capteurs qu'on appelle aussi générateurs de signaux, sondes ou transducteurs de mesure.

Le traitement de signaux électriques est réalisé à l'aide d'une centrale de commande qui prend les décisions à l'aide des programmes et amorce les actionneurs.

La sortie comprend les actionneurs (actionneurs) qui transforment les instructions de l'appareil de commande pour agir sur le système.

Selon l'utilisation, les capteurs et actionneurs peuvent fonctionner de façon analogique, binaire ou numérique [4].

1.2. Capteurs

Les capteurs sont les éléments de base des systèmes d'acquisition de données. Leur mise en œuvre est du domaine de l'instrumentation.

Un capteur est un dispositif transformant l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable. Exemple : une tension électrique, une hauteur de mercure, une intensité, la déviation d'une aiguille.

On fait souvent (à tort) la confusion entre capteur et transducteur, le capteur est au minimum constitué d'un transducteur.

Le capteur se distingue de l'instrument de mesure par le fait qu'il ne s'agit que d'une simple interface entre un processus physique et une information manipulable. Par opposition, l'instrument de mesure est un appareil autonome se suffisant à lui-même, disposant d'un affichage ou d'un système de stockage des données [1].

1.2.1. Capteurs passifs

Ils ont besoin dans la plupart des cas d'apport d'énergie extérieur pour fonctionner (exemples : thermistance, photorésistance, potentiomètre, jauge d'extensomètre appelée aussi jauge de contrainte). Ce sont des capteurs modélisables par une impédance, une variation du phénomène physique étudié (mesuré) qui engendre une variation de l'impédance. Il faut leur appliquer une tension pour obtenir un signal de sortie.

1.2.2. Capteurs actifs (ou capteurs directs)

On parle de capteur actif lorsque le phénomène physique qui est utilisé pour la détermination du mesurande effectue directement la transformation en grandeur électrique. C'est la loi physique elle-même qui relie mesurande et grandeur électrique de sortie.

Un capteur actif fonctionne assez souvent en électromoteur et dans ce cas, la grandeur de sortie est une différence de potentiel. Le nombre des lois physiques permettant une telle transformation est évidemment limité, on peut donc recenser facilement les capteurs actifs (dont le nombre est fini).

Les capteurs et leurs conditionneurs peuvent aussi faire l'objet d'une classification par type de sortie :

a) Capteurs analogiques

La sortie est une grandeur électrique dont la valeur est proportionnelle à la grandeur physique mesurée par le capteur. La sortie peut prendre une infinité de valeurs continues.

Le signal des capteurs analogiques peut être du type :

- Sortie tension.
- Sortie courant.
- Règle graduée, cadran, jauge (avec une aiguille ou un fluide).

Quelques capteurs analogiques typiques :

- Capteur à jauge de contrainte.
- LVDT 'Linear Variable Differential Transformer'.
- Thermocouple.

b) Capteurs numériques

La sortie est une séquence d'états logiques qui, en se suivant, forment un nombre. La sortie peut prendre une infinité de valeurs discrètes.

Le signal des capteurs numériques peut être du type :

- train d'impulsions, avec un nombre précis d'impulsions ou avec une fréquence précise.
- code numérique binaire.

Quelques capteurs numériques typiques :

- capteurs incrémentaux ;
- codeurs absolus.

c) Capteurs logiques (Ou capteurs TOR)

La sortie est un état logique que l'on note 1 ou 0. Le signal des capteurs logiques peut être du type :

- Courant présent/absent dans un circuit.
- Potentiel, souvent 5 V/0 V.
- DEL allumée/éteinte.
- Signal pneumatique (pression normale/forte pression).

Quelques capteurs logiques typiques :

- Capteurs de fin de course.
- Capteurs de rupture d'un faisceau lumineux.
- Divers capteurs de position.

1.2.3. Caractéristiques des capteurs actifs

On caractérise un capteur selon plusieurs critères dont les plus courants sont :

- la grandeur physique observée,
- son étendue de mesure (gamme de mesure),
- sa sensibilité,
- sa résolution,
- sa précision,
- sa linéarité,
- son temps de réponse,
- sa bande passante,
- son hystérésis,
- sa gamme de température d'utilisation.

En général pour utiliser un capteur dans les meilleures conditions, il est souvent utile de pratiquer un étalonnage et de connaître les incertitudes de mesure relatives [1].

1.3. Capteur de vent (Anémomètre)

Au sol, en mer et en altitude, la mesure de la vitesse du vent se fait principalement avec des anémomètres, placés sur un pylône (mât anémométrique).

Anémomètre est un terme du 18^e siècle, composé du préfixe anémo- en grec άνεμος, anemos, « vent » et du suffixe -mètre, « mesure » - est un appareil permettant de mesurer la vitesse ou la pression du vent.

Les plus utilisés se basent sur les techniques suivantes :

- La force que le vent exerce sur un objet (par exemple la compression produite par le vent sur une surface communicante avec un récipient).
- La rotation d'un moulin : sa rapidité est proportionnelle à la vitesse du vent.

Les anémomètres mesurent la vitesse en cinématique, qui est une grandeur vectorielle qui mesure pour un mouvement le rapport de la distance parcourue au temps [2].

$$\vec{v} = \frac{\overrightarrow{dr}}{dt} \quad (1.1)$$

Avec :

\vec{v} : vitesse du déplacement (ou du vent) (m/s).

r : rayon moyen des bras (m).

1.3.1. Anémomètre à coupelles (dit de Robinson)

L'anémomètre à coupelles a été inventé par John Thomas Romney Robinson. Il se compose de 3 demi-coquilles (de la taille d'une balle de tennis) disposées sur des bras horizontaux disposés à 120 degrés et montées sur un axe vertical équipé d'un dispositif de comptage de tours (*Figure 1.2*), la vitesse de rotation de l'anémomètre est proportionnelle à la vitesse du vent. Lorsque le vent souffle, il rencontre alternativement une coupelle creuse puis bombée. Selon les lois de l'aérodynamique, un creux oppose plus de résistance qu'une forme bombée au passage de l'air.

Cette différence provoque la rotation de l'anémomètre. La vitesse du vent est alors très approximativement égale à la vitesse de déplacement du centre des coupelles, elle même proportionnelle au nombre de tours par seconde de l'anémomètre :

$$v = 2\pi \cdot F(N) \cdot R \cdot N \quad (1.2)$$

Avec :

V: vitesse du vent (m/s)

R: rayon moyen des bras (de l'axe de rotation jusqu'au centre des coupelles) (m).

N: nombre de tours par seconde (1/s).

F(N) : Fonction d'étalonné

La fonction d'étalonnage traduit les propriétés aérodynamiques de l'anémomètre et les frottements qui altèrent le mouvement de rotation de l'anémomètre. Elle dépend des dimensions et matériaux de l'anémomètre et de sa vitesse de rotation.

Seuls des essais en soufflerie à différents régimes de vent permettent de la déterminer précisément. Pour l'anémomètre standard (diamètre des coupelles de 6 centimètres), une vitesse de rotation d'un tour par seconde correspond à un vent soufflant à une vitesse de 1 m/s, soit 3,6 km/h. Ce type d'anémomètre est capable de mesurer des vitesses de vent comprises entre 0 et près de 200 km/h. Des vitesses supérieures entraîneraient des contraintes que les coupelles ne pourraient pas supporter. Mais des vents d'une telle violence ne se rencontrent que dans les tornades ou les cyclones.

Les deux grands mérites de cet anémomètre sont sa simplicité et pratiquement l'absence d'une limitation dans la gamme de vitesses mesurables ; mais s'il est utilisé sans équipement d'enregistrement de données électroniques, une rafale courte mais violente n'est pas enregistrée. Le rapport entre la vitesse du vent et la dimension des coupelles (le facteur) n'est pas constant et dépend en grande partie de la dimension de coupelles et de la longueur des bras [1].



Figure 1.2 : Anémomètre à coupelle

1.3.2. Mesure de vent

Le vent est un déplacement d'air, c'est à dire, tout mouvement de translation, d'un point à un autre, d'une ou plusieurs masses d'air. C'est une grandeur vectorielle tridimensionnelle qui peut être caractérisée par deux grandeurs représentant son orientation (direction du vent) et son module (vitesse du vent). Sa vitesse présente des variations aléatoires autour d'une valeur moyenne. Elle est mesurée à l'aide d'un anémomètre.

L'intensité du vent est la mesure de sa vitesse, sa capacité d'action. La vitesse peut être exprimée en mètre par second (m/s), kilomètre par heure (km/h) ou en nœuds - milles marins par heure (1m/s=3.6km/h=1.965 nœuds). Comme le vent est un paramètre météorologique affecté des fluctuations aléatoires, la valeur qui est donnée dans les bulletins météorologiques est la vitesse moyenne établie sur une période de 10 minutes.

La force du vent est estimée d'après une échelle numérique allant de 0 (calme) à 12 (ouragan), adoptée à l'origine par l'amiral Beaufort (*Voir annexe A*) dans le *tableau 1.1* :

Tableau 1.1 : échelle de Beaufort [14].

Degré	Terme descriptif	Vitesse moyenne en nœuds	Vitesse moyenne en Km/h	Observations sur terre
0	Calme	0-1	0-1	La fumée monte verticalement. Les feuilles des arbres ne témoignent aucun
1	Très Légère brise	1-3	1-5	La fumée indique la direction du vent. Les girouettes ne s'orientent pas.
2	Légère brise	4-6	6-11	On sent le vent sur le visage. Les feuilles s'agitent. Les girouettes s'orientent.
3	Petite brise	7-10	12-19	Les drapeaux flottent au vent. Les feuilles sont sans cesse en mouvement.
4	Jolie brise	11-16	20-28	Les poussières s'envolent. Les petites branches plient.
5	Bonne brise	17-21	29-38	Le tronc des arbustes et arbrisseaux en feuilles balance. La cime de tous les arbres est agitée.
6	Vent frais	22-27	39-49	On entend siffler le vent. Les branches de large diamètre s'agitent. Les parapluies sont susceptibles de se retourner.
7	Grand frais	28-33	50-61	Tous les arbres balancent. La marche contre le vent devient difficile.
8	Coup de vent	34-40	62-74	Les branches sont susceptibles de casser. La marche contre le vent est très difficile, voire impossible.
12	Ouragan	64+	118+	Dégâts très importants de l'ordre de la catastrophe naturelle.

1.4. Le capteur solaire (cellule photoélectrique)

Une photorésistance est un composant électronique dont la résistivité varie en fonction de la quantité de lumière incidente. On peut également la nommer résistance photo-dépendante (Light Dépendent Résistor : LDR) ou cellule photoconductrice.

1.4.1. Principe de fonctionnement du capteur solaire

Une photorésistance est composée d'un semi-conducteur à haute résistivité. Si la lumière incidente est de fréquence suffisamment élevée (donc d'une longueur d'onde inférieure à la longueur d'onde seuil), elle transporte une énergie importante. Au-delà d'un certain niveau propre au matériau, les photons absorbés par le semi-conducteur donneront aux électrons liés assez d'énergie pour passer de la bande de valence à la bande de conduction.

Lorsque le photon incident est suffisamment énergétique, la production des paires électron-trou est d'autant plus importante que le flux lumineux est intense. La résistance évolue donc comme l'inverse de l'éclairement, cette relation peut être considérée comme linéaire sur une plage d'utilisation limitée.

1.4.2. Applications

Les photorésistances trouvent leurs applications principales dans la détection d'une différence de flux plutôt que dans la mesure précise du niveau de flux reçu (impulsions lumineuses, variation d'éclairement par exemple). L'utilisation de ce type de détecteur est très variée :

- Les détecteurs de flammes qui sont des photorésistances à détection d'infrarouges ou d'UV.
- Les détecteurs de présence se déclinent sous deux principes différents. Un premier détectant l'augmentation du flux induit par la présence d'un corps dans le champ (principalement des capteurs à infrarouges), le second détectant la diminution du flux induit par l'ombre du corps présent dans le champ du capteur.
- Les récepteurs infrarouges permettent de faire communiquer deux appareils sans contact. L'un des appareils possède un émetteur infrarouge et le second la photorésistance.
- Les détecteurs à UV qui permettent de mettre en évidence toute source d'UV et ainsi asservir la source ou détecter une fuite par exemple.

- L'allumage des lumières lorsque la luminosité diminue (éclairage public ou domestique).
- La mesure de la luminosité extérieure dans les appareils photographiques ou les ordinateurs.

Les applications de ce composant sont donc très variées, que ce soit dans le monde industriel ou domestique. Étant peu cher, il présente un bon rapport qualité pour les industriels souhaitant l'intégrer dans leurs systèmes.

1.4.3. Avantages et Inconvénients

L'utilisation de la photorésistance comme un capteur solaire nécessite de voir ces avantages et inconvénients représentés dans le *tableau 1.2* :

Tableau 1.2 : les avantages et les inconvénients des photorésistances.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Capteur sensible. • Larges gammes spectrales • Faible coût. • Facilité de mise en œuvre. • Rapport de transfert statique. • Sensibilité élevée. 	<ul style="list-style-type: none"> • Non linéarité de la réponse en fonction du flux. • La vitesse de variation de R avec l'éclairement est faible et non symétrique. • Sensibilité thermique. • Refroidissement nécessaire dans certains cas (capteurs thermiques). • Temps de réponse élevé (0,1 us à 100 ms). • Bande passante limitée. • Instabilité dans le temps (vieillesse dû aux échauffements).

1.5. Moteurs

Les moteurs électriques sont aujourd'hui présents dans toutes les branches de l'industrie. Ils constituent la force motrice principale de nombreux processus. Le domaine des transports fait aussi largement appel aux moteurs électriques. La traction ferroviaire est depuis longtemps acquise à cette technique [3].

1.5.1. Définition

Un moteur électrique est une machine qui transforme de l'énergie électrique en énergie mécanique. Les moteurs électriques sont constitués d'un stator et d'un rotor en matériaux ferromagnétiques. Entre ces deux parties se trouve l'entrefer qui est maintenu par des paliers ou roulements (*Figure 1.3*).

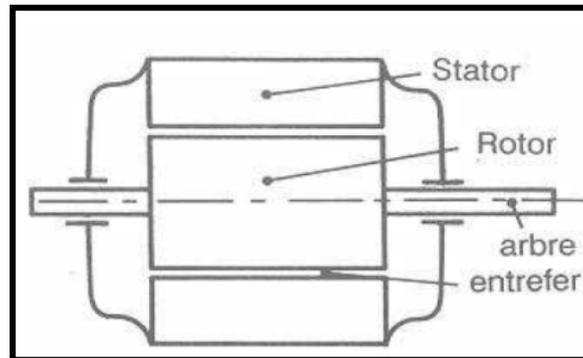


Figure 1.3 : constitution d'un moteur électrique [3].

1.5.2. Intérêt

Les moteurs électriques effectuent une conversion d'énergie avec de faibles pertes : le rendement des grosses unités atteint 99 %. Le réglage est commode grâce à l'électronique de puissance.

Enfin, les moteurs électriques ne sont pas polluants, ce qui ne doit toutefois pas faire oublier qu'il n'en est pas toujours de même pour la production d'électricité.

1.5.3. Classification

La puissance des moteurs électriques peut aller de quelques fractions de watts à quelques centaines de mégawatts. Les très petites puissances correspondent à des moteurs où la transmission d'information prime sur la conversion d'énergie. Les petites puissances se rencontrent principalement dans les applications domestiques. Les moteurs électriques classiques sont :

- Le moteur asynchrone.
- Le moteur synchrone.
- Le moteur à courant continu.
- Le moteur pas à pas.

a) Inducteur et circuit magnétique

L'inducteur se trouve sur le stator du moteur. Dans la *Figure 1.4* nous avons 4 pièces polaires autour desquelles sont enroulés les inducteurs. Ces pôles sont reliés entre eux par la carcasse du moteur qui sert aussi à refermer le circuit magnétique.

Le flux créé par les inducteurs circule donc dans les pôles, dans l'entrefer, dans le rotor ou induit et se referme par la carcasse du moteur.

b) Induit et collecteur

Le bobinage de l'induit est formé de bobines d'un ou plusieurs tours dont les conducteurs sont parallèles à l'axe. Chaque enroulement a le même nombre de brins qui passent sous un pôle nord et un pôle sud.

Le collecteur est formé de lames de cuivre isolées entre elles et reliées aux enroulements. Les balais en graphite frottent sur le collecteur et assurent le passage du courant dans l'induit et l'inversion du courant dans les brins [2].

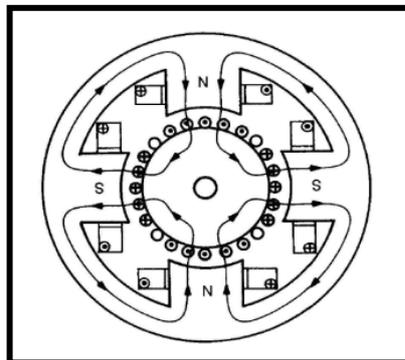


Figure 1.4 : coupe d'une machine à courant continu

1.5.4. Commande du moteur à courant continu

La *Figure 1.5* montre comment on réalise la régulation de vitesse d'une machine à courant continu. Il y a deux boucles imbriquées de vitesse et de courant.

Comme les constantes de temps électrique et mécanique sont très différentes, la boucle interne de courant réagit plus vite que celle de vitesse.

On voit qu'il faut un capteur de courant et un de vitesse dans ce type de régulation.

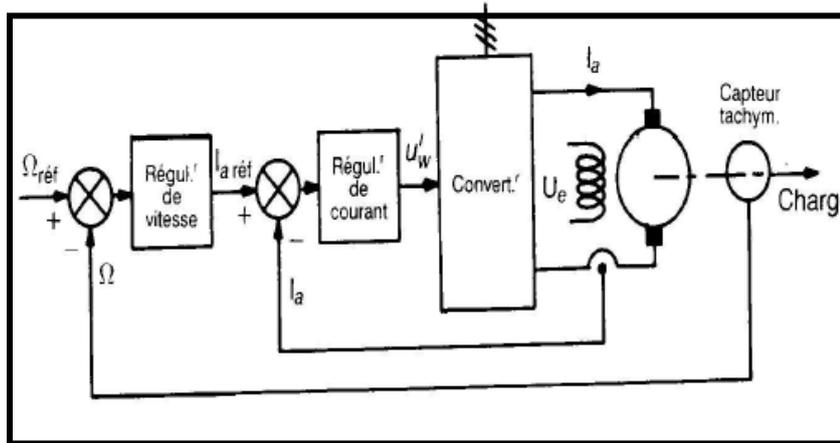


Figure 1.5 : schéma de principe de la régulation de vitesse [3].

Pour augmenter la plage de variation de vitesse, on peut être amené à agir sur le courant inducteur. Pour ce faire, on rajoute une boucle de courant sur l'inducteur qui est piloté par une consigne de f_{em} maximum.

1.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents éléments qui nous allons utiliser dans la réalisation de notre système. Tous ce qui est décrit dans ce chapitre fait appel à des notions de physique dans un plan très large et nous ne monterons que la partie utilisation technologique de ces concepts.

Nous présentons dans le chapitre suivant la structure du microcontrôleur à utiliser.

ANNEX A

L'échelle de Beaufort

1. Les formules de base :

Amiral anglais, Francis Beaufort (1774-1857) a créé cette échelle anémométrique qui porte désormais son nom.

Utilisée essentiellement par les marins et navigateurs, elle exprime la force du vent mesurée en degrés Beaufort, à une hauteur de 10 mètres au dessus d'un terrain plat et découvert ; en fait, il s'agit généralement d'un calcul effectué à partir de la vitesse moyenne du vent calculée sur une période de 10 minutes.

La force du vent, notée d et exprimée en degrés Beaufort, est égale à la racine cubique du quotient par 9 du carré de la vitesse du vent, si cette vitesse est donnée en km/h.

Nous avons ainsi les formules équivalentes suivantes :

$$v = 3.d^{1,5}$$

$$v^2 = 9.d^3$$

$$d = (v^2 / 9)^{1/3}$$

v : est en km/h.

2. Vitesse et force du vent :

En fait, on donne généralement la force du vent en degré Beaufort sous la forme d'un entier, négligeant la partie décimale ; cela nous amène à donner le degré dans le tableau:

On calcule alors les vitesses correspondantes en km/h : et cela nous amène au tableau couramment appelé échelle de Beaufort, dans lequel on a rappelé les descriptions couramment admises et les vitesses du vent en nœuds (1 nœud = 1,852 km/h).

d	v	vent(v)
0,5	1,1	1
1,5	5,5	5
2,5	11,9	11
3,5	19,6	19
4,5	28,6	28
5,5	38,7	38
6,5	49,7	49
7,5	61,6	61
8,5	74,3	74
9,5	87,8	87
10,5	102,1	102
11,5	117,0	117

2.1. Introduction

Les microcontrôleurs sont aujourd'hui implantés dans la plupart des applications de grand public ou professionnelles, il existe plusieurs familles. La société Américaine Microchip Technologie a mis au point dans les années 90 un microcontrôleur CMOS : le PIC (Peripheral Interface Controller). Ce composant encore très utilisé à l'heure actuelle, est un compromis entre simplicité d'emploi, rapidité et prix de revient [8].

Dans ce chapitre, on va étudier le microcontrôleur, car il est l'élément de base de notre carte de commande.

2.2. Généralités sur les microcontrôleurs PICs

2.2.1. Définition

Une PIC n'est rien d'autre qu'un microcontrôleur, c'est à dire une unité de traitement de l'information de type microprocesseur à laquelle on a ajouté des périphériques internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout de composants externes.

Les microcontrôleurs PICs sont des composants dits **RISC (Réduc Instructions Construction Set)**, ou encore composant à jeu d'instructions réduit. Sachant que plus on réduit le nombre d'instructions, plus facile et plus rapide est le décodage, et plus vite le composant fonctionne.

L'horloge fournie au microcontrôleur **PIC** est pré divisée par 4 au niveau de celle-ci. C'est cette base de temps qui donne le temps d'un cycle. Si on utilise par exemple un quartz de 4MHz, on obtient donc 1000000 de cycles/seconde, or, comme le microcontrôleur **PIC** exécute pratiquement une instruction par cycle, hormis les sauts, cela donne une puissance de l'ordre de 1MIPS (**1 Million d'Instructions Par Seconde**) [6].

2.2.2. Les différentes familles du microcontrôleur PICs

Il y en a trois grandes familles de PICs :

- La famille **Base Line**, qui utilise des mots d'instructions de **12** bits.
- La famille **Mid-Range**, qui utilise des mots de **14** bits (et dont font partie la 16F84 et 16F876).
- La famille **High-End**, qui utilise des mots de **16** bits.

Tous les microcontrôleurs PICs Mid-Range ont un jeu de 35 instructions et 4 sources d'interruptions :

- Interruption externe commune avec la broche RB0.
- Interruption due au TIMER.
- Interruption sur changement d'état des broches de port RB0 à RB1.
- Interruption de fin d'écriture en EEPROM.

2.2.3. Identification du microcontrôleur PIC

Pour identifier un microcontrôleur PIC, on utilise simplement son numéro. Les 2 premiers chiffres indiquent la catégorie du microcontrôleur **PIC**, **16** indique une **PIC Mid-Range**.

Vient ensuite parfois une lettre :

L: Celle-ci indique que le microcontrôleur **PIC** peut fonctionner avec une plage de tension plus tolérante.

C indique que la mémoire programme est une **EPROM** ou plus rarement une **EEPROM**.

CR pour indiquer une mémoire de type **ROM**.

F pour indiquer une mémoire de type **FLASH** [2].

Exemple

Un 16f877-20 est un PIC « Mid-range » (16) ou la mémoire programme est de Type FLASH (F) et réinscriptible de type 877 et capable d'accepter une fréquence d'horloge de 20 MHz (*figure 2.1*).

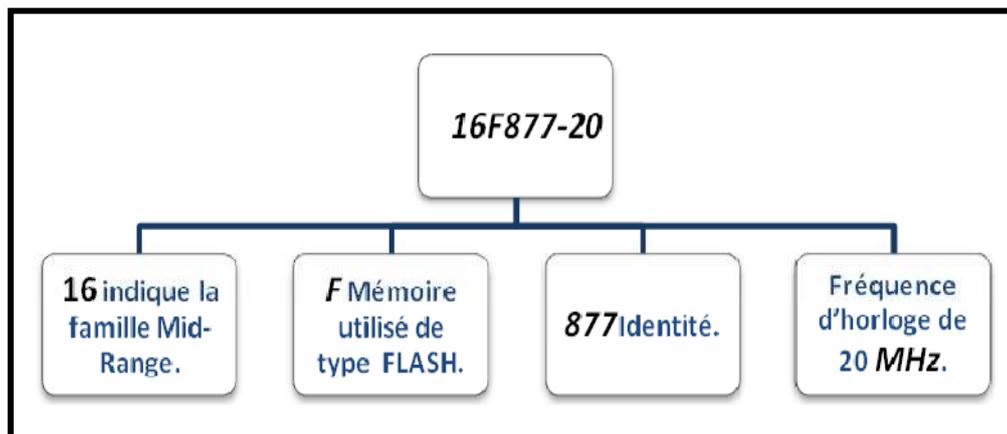


Figure 2.1 : Description de la configuration du PIC 16F877a.

Les microcontrôleurs PICS sont des composants STATIQUES, c'est à dire que la fréquence d'horloge peut être abaissée jusqu'à l'arrêt complet sans perte de données et sans dysfonctionnement. Ceci par opposition aux composants DYNAMIQUES, donc la fréquence d'horloge doit rester dans des limites précises.

2.3. Architecture du microcontrôleur PIC

La figure 2.2 présente les principaux blocs fonctionnels présents à l'intérieur d'un PIC. Pour un schéma plus précis, il suffit de se référer au datasheet correspondant.

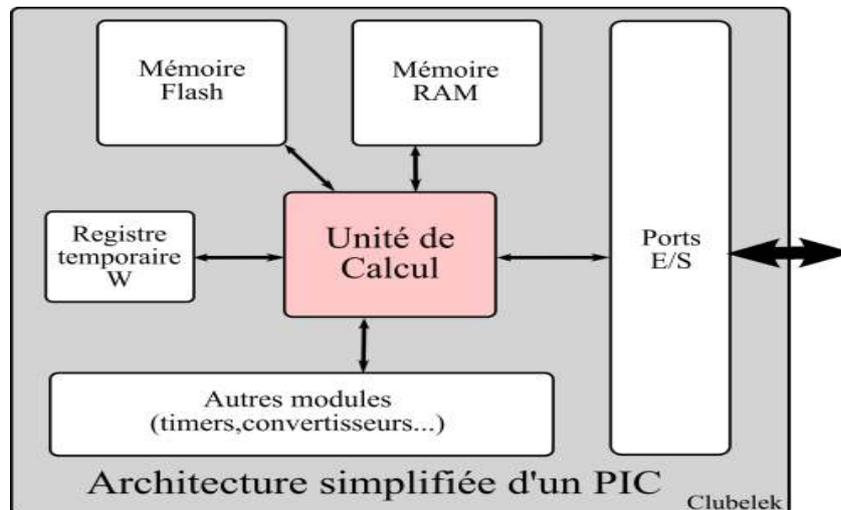


Figure 2.2 : Architecture interne de pic [11].

- **Mémoire flash** : C'est une mémoire réinscriptible qui conserve ses données lorsque le PIC n'est pas alimenté. Elle est utilisée pour stocker le programme. A chaque ligne du programme est attribuée une adresse qui permettra à l'unité de calcul de se repérer.
- **Mémoire RAM** : C'est une mémoire volatile (qui s'efface quand le PIC n'est plus alimenté). Les variables utilisées au cours du programme sont stockées à cet endroit.
- **Unité de Calcul** : C'est le cœur du microcontrôleur. Ici se déroulent toutes les opérations à une vitesse définie par la fréquence d'horloge (fréquence d'oscillation divisée par 4).
- **Registre temporaire W** : C'est ici qu'est stockée la valeur nécessaire pour une opération de l'unité de calcul.
- **Ports E/S (Entrées/Sorties)** : Ce sont les unités qui font le lien entre ce qui se passe à l'intérieur du PIC et l'extérieur.
- **Modules annexes** : ça concerne toutes les autres fonctions annexes nécessaires selon l'application désirée (timers, comparateurs, convertisseurs analogiques/numériques) [6].

2.4. Le microcontrôleur PIC 16F877a

Le 16F877a est un microcontrôleur de MICROCHIP, fait partie intégrante de la famille des Mid Range (16) dont la mémoire programme est de type flash (F) de type 877 et qui est capable d'accepter une fréquence d'horloge maximale de 20Mhz.

Le microcontrôleur 16F877a, en boîtier DIP 40 broches, peut fonctionner à une fréquence maximale de 20 MHz pour un cycle d'instruction de 200 ns. Il est constitué des éléments suivants :

- 8 K mots **de 14 bits de mémoire programment du type Flash**,
- 256 octets **d'EEPROM**,
- 368 octets **de RAM**,
- 2 Timers 8 bits **et un Timer 16 bits**,
- Un convertisseur A / N **10 bits avec 5 entrées multiplexées**,
- Un chien de garde (**Watch Dog**),
- Une interface série synchrone (**SPI**),
- Une interface série asynchrone (**USART**).
- 5 ports E/S

2.4.1. Les broches de fonctionnement

Les broches de fonctionnement sont les broches qui permettent au microcontrôleur de fonctionner. Elles doivent être obligatoirement connectées pour qu'elles fonctionnent.

Nous les avons classées de la façon suivante (figure 2.3) [9]:

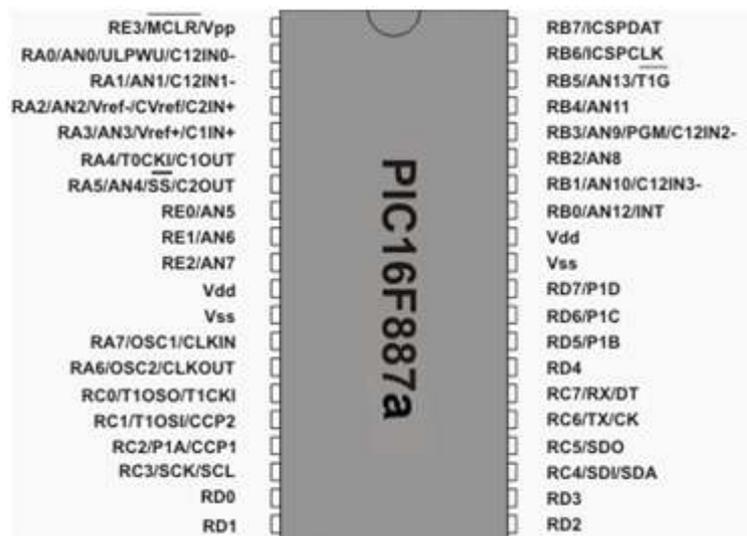


Figure 2.3 : Les différentes broches du PIC 16F877a [7].

2.4.2. Les broches d'alimentation

Le PIC 16F877a a quatre broches d'alimentation. Les deux pins pour le « VSS » sont le n° 12 et n° 31, et pour le « VDD » ce sont les pins n° 11 et n° 32. Il lui suffit une alimentation de 5V. On remarque qu'on a 2 connections « VDD » et 2 connections « VSS ». La présence de ces 2 pins s'explique pour une raison de dissipation thermique. Les courants véhiculés dans le

pic sont loin d'être négligeables du fait des nombreuses entrées/sorties disponibles. Le constructeur a donc décidé de répartir les courants en plaçant 2 pins pour l'alimentation VSS, bien évidemment, pour les mêmes raisons, ces pins sont situées de part et d'autre du PIC, et en positions relativement centrales (*figure 2.4*).

2.4.3. Les broches de quartz

Dans le cas du 16F877a le quartz utilisé est typiquement un quartz de 4MHz, c'est-à-dire qu'il va fournir 4 millions d'impulsions par seconde. Le temps qui s'écoule entre deux impulsions s'appelle un cycle d'horloge. Le quartz de 4 MHz est connecté aux broches osc1 et osc2 (*figure 2.4*).

2.4.4. La broche de réinitialisation

Une broche particulière du microprocesseur est la broche MCLR (Master CLEAR). Cette broche est d'avantage une broche de contrôle que de fonctionnement.

Cette broche a pour effet de provoquer la réinitialisation du microprocesseur lorsqu'elle est connectée à 0. Ceci provoque l'arrêt du programme qui va recommencer à la première instruction. L'ensemble des registres du microprocesseur vont par ailleurs être également remis à leur valeur de départ.

Pour que le processeur fonctionne, il faut donc que cette broche soit connectée à 5V. Un bouton poussoir est prévu pour le reset par l'utilisateur. L'appui sur le bouton poussoir va mettre transitoirement la broche MCLR à (0) (*figure 2.4*).

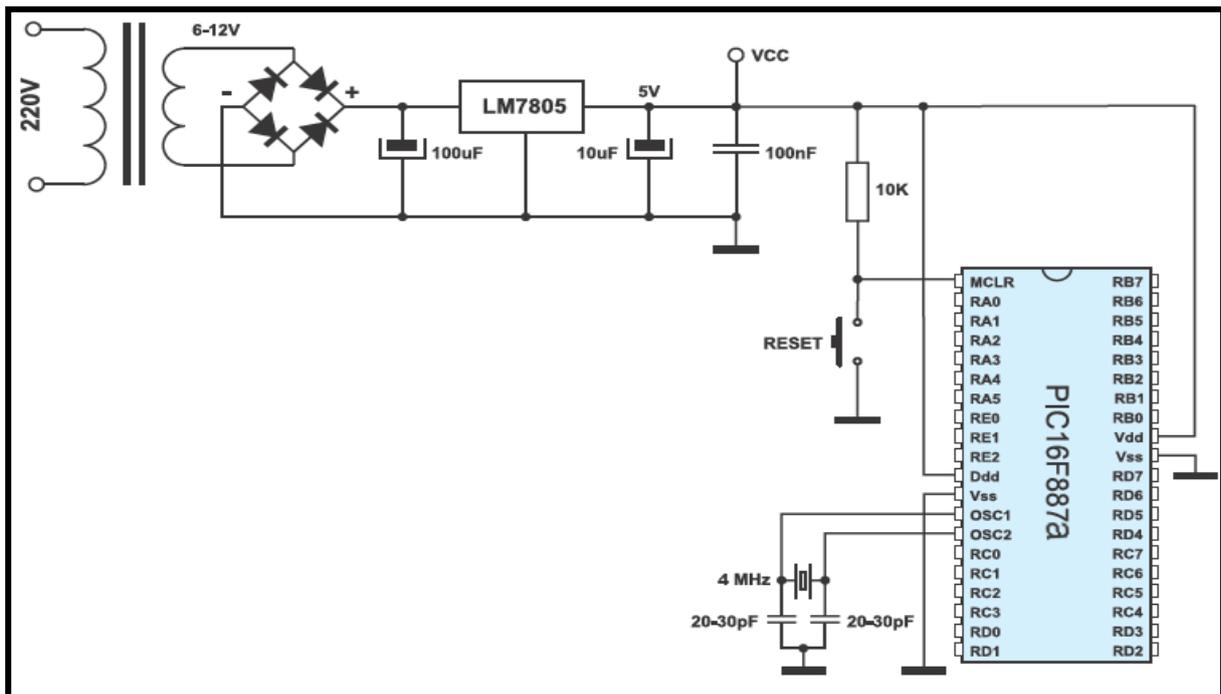


Figure 2.4 : Brochage du circuit d'oscillation, réinitialisation, alimentation [7]

2.4.5. Les ports d'entrées/ sorties

Toutes les autres broches du 16F877a sont des broches de ports (*Figure 2.5*).

- Port A : 6 pins E/S numérotées de RA0 à RA5.
- Port B : 8 pins E/S numérotées de RB0 à RB7.
- Port C: 8 pins E/S numérotées de RC0 à RC7.
- Port D : 8 pins E/S numérotées de RD0 à RD8.
- Port E: 3 pins E/S numérotées de RE0 à RE2.

Pour déterminer les modes des ports (E/S), il faut sélectionner leurs registres TRIS :

- Le positionnement d'un bit à '1' place le pin en entrée.
- Le positionnement d'un bit à '0' place le pin en sortie.

- **Port A**

Le port A est formé par 6 entrées/ sorties numérotées de RA0 à RA5 qui peuvent être utilisées comme des entrées pour le convertisseur analogique numérique ou utilisées pour le TIMER0. On peut utiliser ce port, soit pour la conversion analogique numérique, soit en mode (E/S). Dans notre projet on a utilisé RA0 comme entrée pour le CAN.

- **Port B**

Il possède 8 pins d'entrées/sortie numérotés de RB0 à RB7. La seule particularité est qu'on peut utiliser le pin RB0 comme entrée de déclenchement d'interruption externe.

- **Port C**

Ce port possède 8 pins d'entrées/sortie numérotée de RC0 à RC7. La particularité de ce port est qu'il permet d'établir une communication série via l'USART par ses pins RC6 et RC7.

- **Port D**

Ce port n'est présent que sur les PIC16F877a. Il possède 8 pins d'entrées/sortie numérotés de RD0 à RD7. Ces 8 lignes peuvent aussi servir comme port parallèle dit esclave (slave).

- **Port E**

Ce port n'est présent que sur les PIC16F877a. Il est composé de 3 pins d'entrées/sortie numérotée de RE0 à RE2. Ces 3 pins constituent aussi les 3 entrées de convertisseurs analogiques (AN5 à AN7) et les lignes de commande du bus esclave PSP.

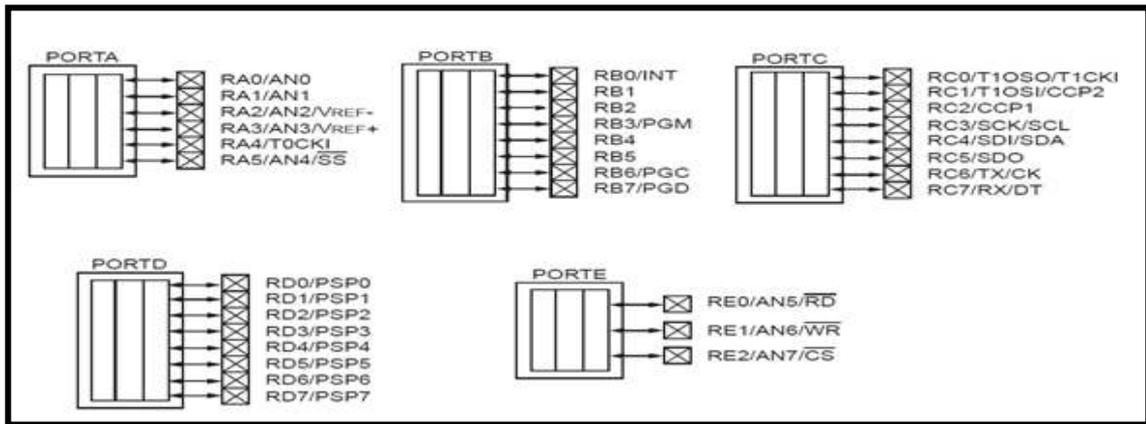


Figure 2.5 : Les ports d'entrées/Sorties du PIC 16F877a [9]

2.5. L'environnement de Programmation MIKRO C

Le PIC 16F877a peut se programmer dans divers langages. Pour faciliter la tâche, il nous permet l'accès à des compilateurs (MIKRO C, CCS, MIKRO PASCAL,...)

Un microcontrôleur PIC doit être programmé pour être fonctionnel. Pour se faire on a besoin d'un logiciel tel que MIKRO C proposé par la société MICROELICTRONIKA (Figure 2.6). Ce logiciel permet d'écrire un programme en langage C. Ce programme est donc écrit sur l'éditeur de MIKRO C dans son programme source, puis sera compilé. La compilation délivre plusieurs fichiers, le plus important est le code machine du programme (.hex).

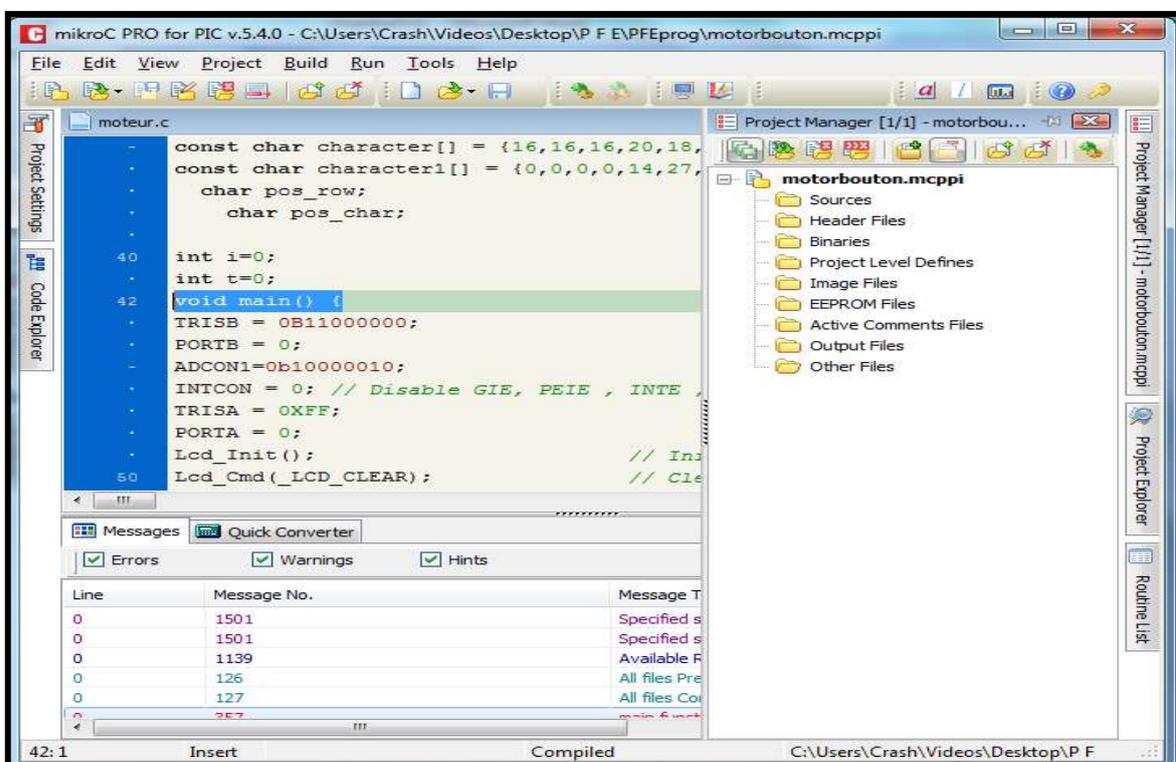


Figure 2.6 : l'éditeur de MIKRO C.

2.6. Présentation du programmeur de PIC

Si le programme ne présente aucune erreur lors de la vérification, on pourra alors le charger dans la mémoire programme du microcontrôleur à l'aide d'un circuit programmeur géré par logiciel de programmation.

Nous avons utilisé une carte de développement pour le chargement (*Figure 2.7*) de nos programmes dans le PIC :

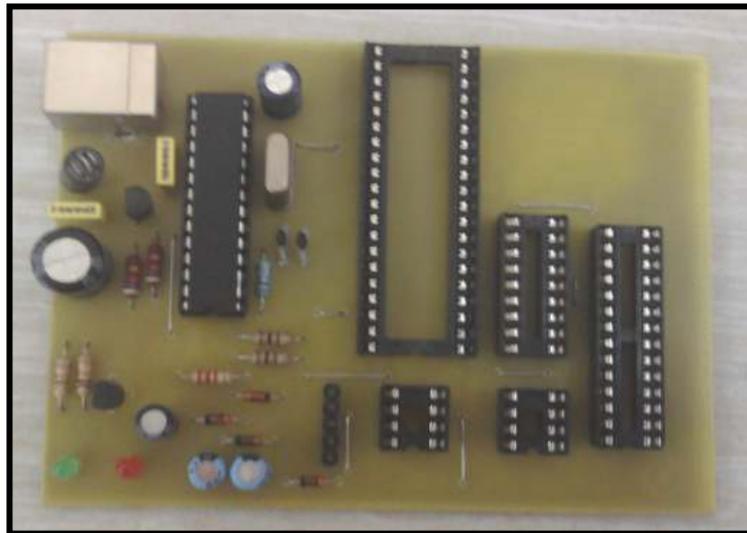


Figure 2.7 : Le programmeur du PICs.

Le logiciel de programmation que nous avons utilisé est le WINPROG 3.55 (*Figures 2.8 et 2.9*), qui nous permet la liaison entre le PC et le circuit programmeur via le port USB.

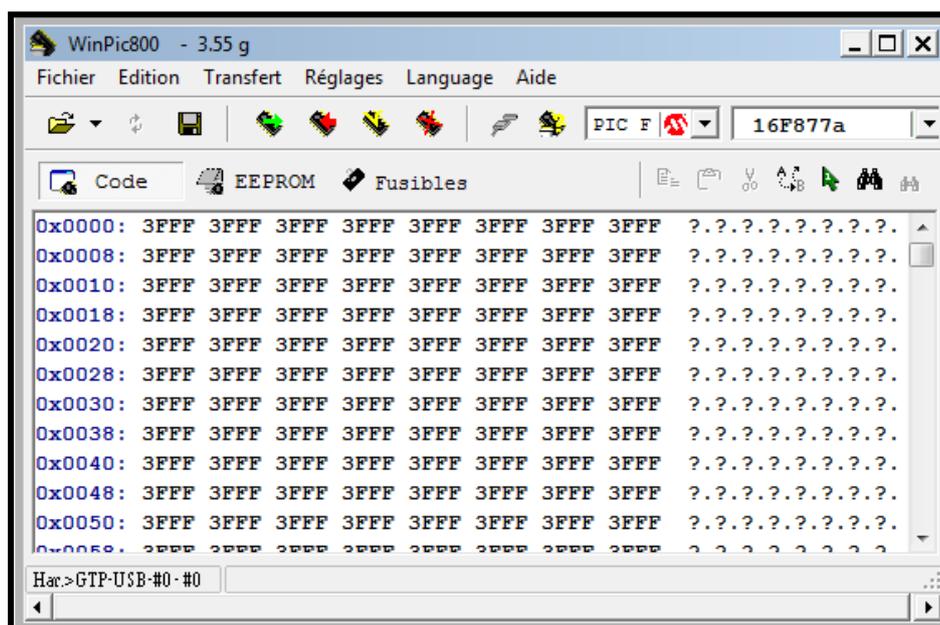


Figure 2.8 : Menu principal du logiciel WINPROG.

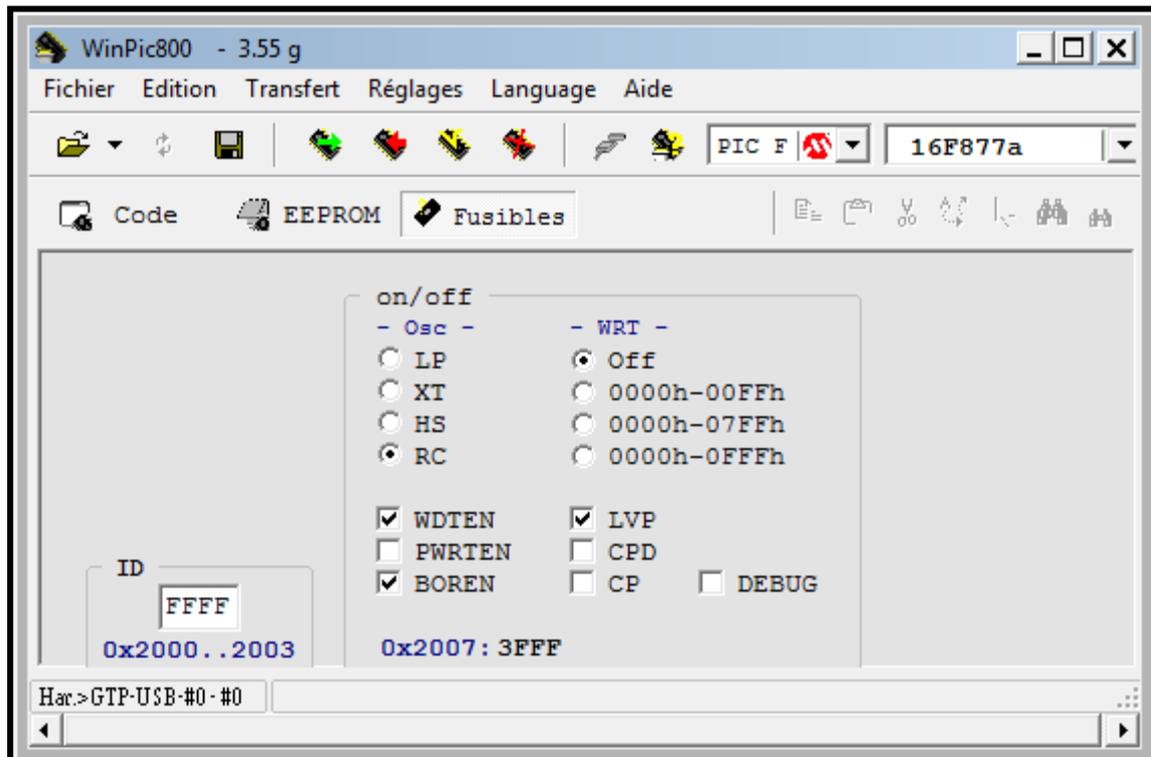


Figure 2.9 : Menu principal du logiciel WINPROG (configuration PIC).

- Il suffit de cliquer sur «détection PIC » pour représenter le composant qui est sélectionné pour la programmation.
- Pour vérifier le programme contenu dans le PIC, on appuie sur « lire».
- Pour écraser un programme qui est déjà contenu dans le PIC, on appuie sur « effacer».
- Pour programmer le PIC, on doit sélectionner le fichier du notre programme « .hex » en cliquant dans le menu « file » et après on appuie sur « ouvrir ». Puis choisie le type de l'oscillateur et appuie sur « Fusibles ». Après cette opération, on clique sur «programmer».

2.7. Conclusion :

Les microcontrôleurs sont devenus indispensables dans les montages électroniques par leur facilité et leur rapidité d'exécution de travail.

Au cours de ce chapitre, on a étudié les différentes caractéristiques du microcontrôleur PIC 16F877a qui sera le composant essentiel de notre carte de commande.

4.1. Introduction

Après avoir décrit dans le chapitre 3 l'étude théorique des différents blocs, nous allons aborder ici la réalisation pratique des différentes cartes électroniques qui composent notre système, ainsi que la méthode utilisée pour étalonner les deux capteurs (anémomètre et LDR).

4.2. Présentation du logiciel PROTEUS

Dans cette partie nous avons simulé notre projet à l'aide du logiciel spécialisé « ISIS » (Figure 4.1). En fait ce logiciel, nous permet de faire fonctionner nos cartes de manière virtuelle grâce à son système performant. Il permet aussi de faire le circuit imprimé des cartes réalisées grâce à l'éditeur ARES trouvé sur son menu.

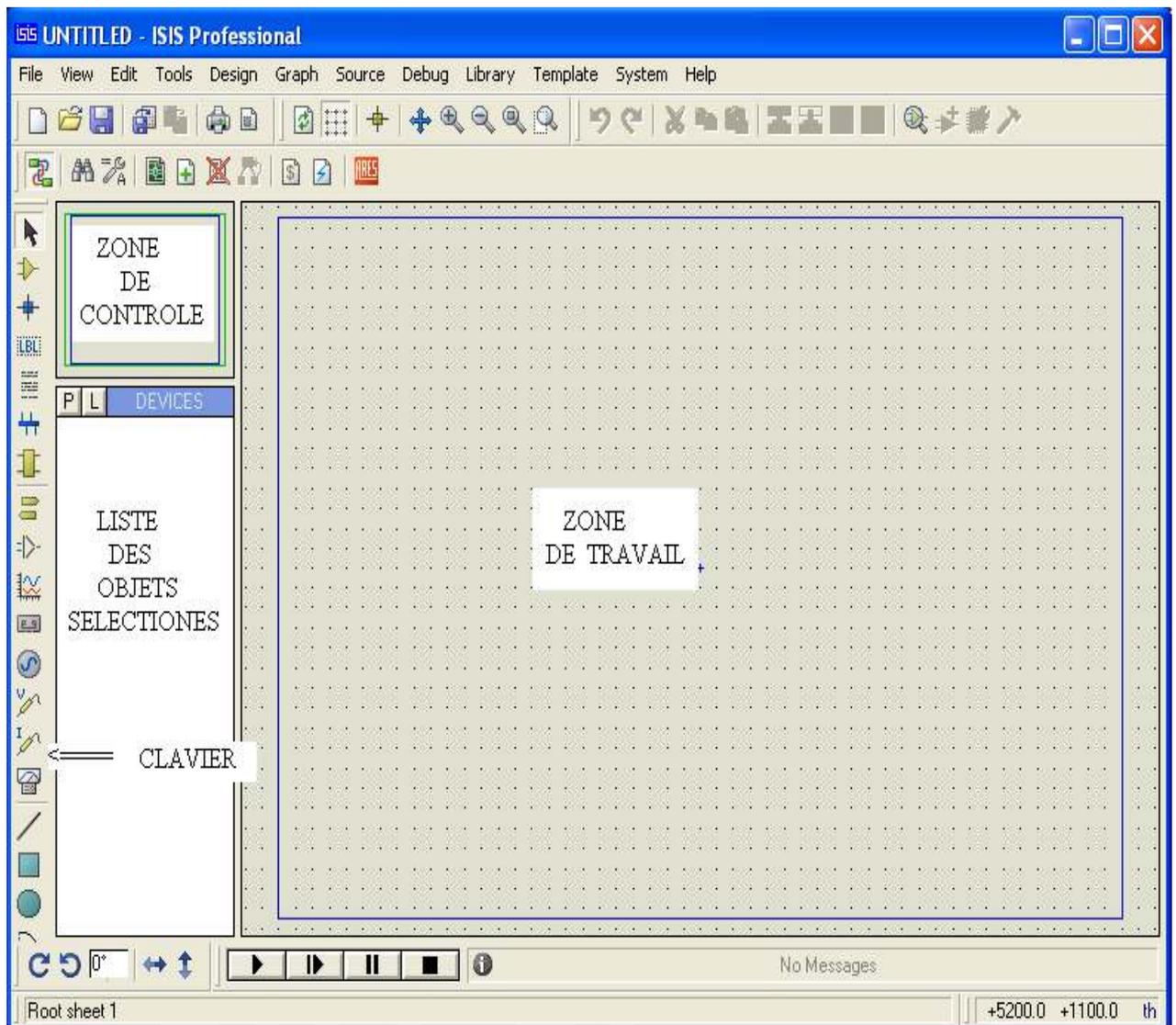


Figure 4.1 : Interface ISIS.

4.3. Implémentation des différentes cartes réalisées sur PROTEUS

Les figures ci-dessous représentent les différentes cartes réalisées sur Proteus suivant la description donnée dans le chapitre 3.

4.3.1. Carte d'alimentation

La Figure 5.2 représente la carte d'alimentation réalisée afin de fournir les deux tensions (5-9V) nécessaires pour alimenter les différents composants de notre réalisation.

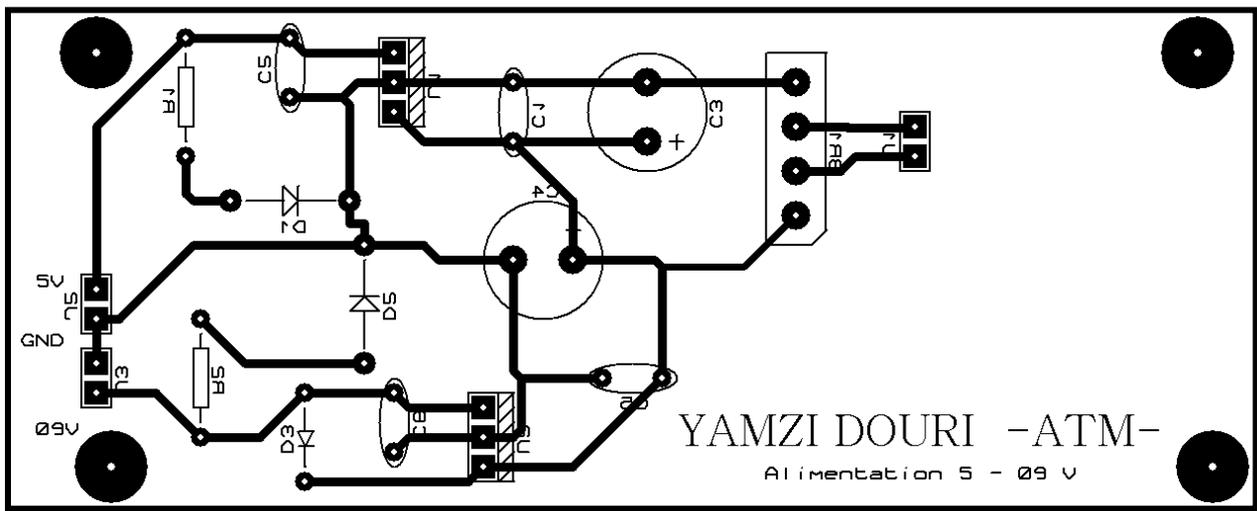


Figure 4.2 : Carte d'alimentation.

La Figure 4.3 représente la carte d'alimentation en 3D (logiciel ARES).



Figure 4.3 : Carte d'alimentation en 3D.

4.3.2. Carte de commande

Cette carte (Figure 4.4) contient 2 parties (un moteur à courant continu et un étage de puissance) qui sont expliquées dans le chapitre précédent.

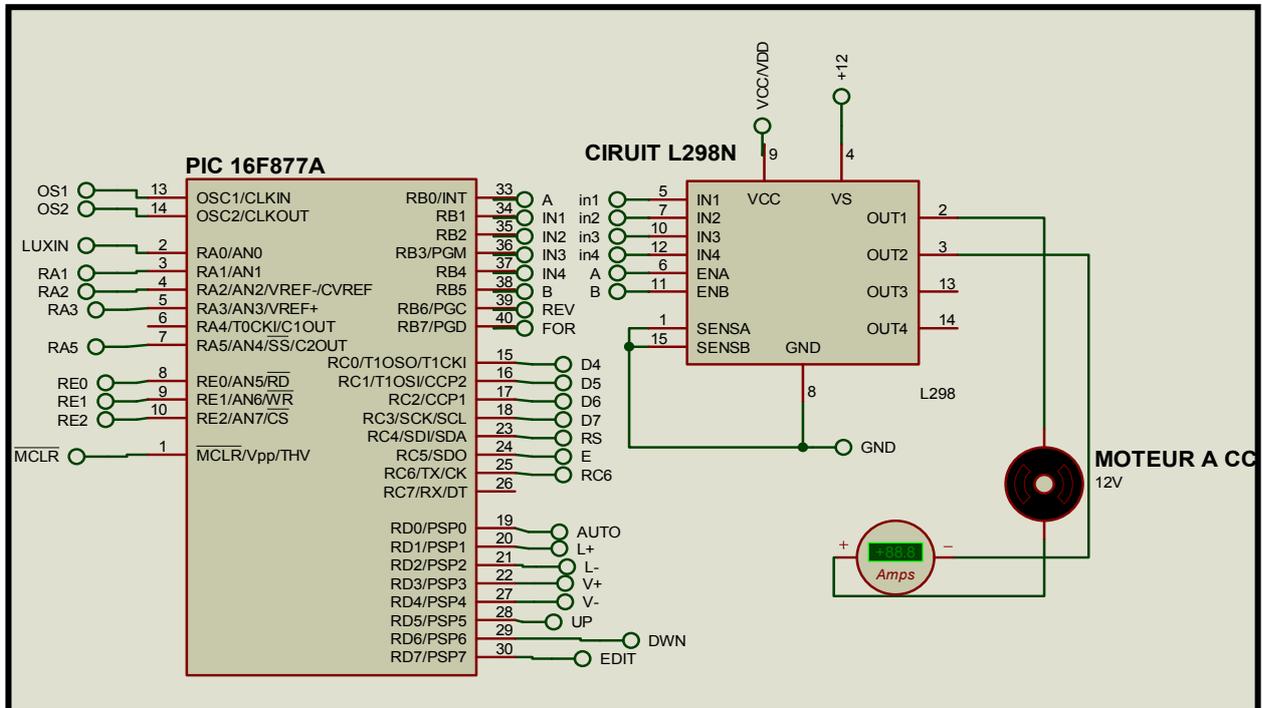


Figure 4.4 : Carte de commande.

4.4. Etalonnage des capteurs

L'objectif de l'étalonnage est de déterminer la relation existant entre les indications d'un appareil de mesure (photorésistance et anémomètre) et les valeurs de la grandeur à mesurer (vent Km/h, lumière Lux).

4.4.1. Anémomètre

Notre anémomètre est composé de trois parties (3 coupelles hémisphériques, axe vertical, capteur à fourche).

Pour étalonner l'anémomètre on a utilisé une source de vent variable, nous avons fixé le vent émis chaque deux seconde et les données numériques fournies à partir du capteur à fourche (Figure 4.5) sont enregistrées sur notre pic 16F877a basé sur l'exécution de l'interruption pour chaque changement d'état et la synchronisation du timer0.



Figure 4.5 : Outils d'étalonnage de capteur de vent

a) Capteur à fourche

C'est un capteur réalisé à partir d'une fourche infrarouge. La fourche est constituée d'un émetteur et d'un récepteur. Le capteur détecte la présence d'un objet blanc à quelques millimètres et fournit en sortie un état logique (Figure 4.6).

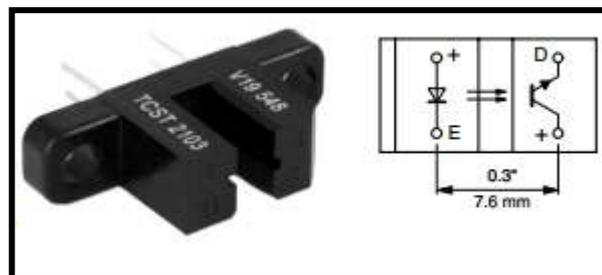


Figure 4.6 : Capteur à Fourche [1].

On a placé le capteur à fourche en parallèle avec deux isolants pour effectuer un changement d'état du récepteur (phototransistor) (Figure 4.7).

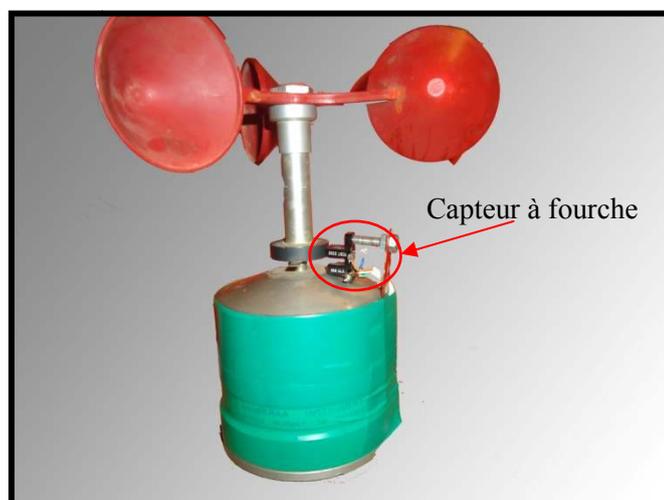


Figure 4.7 : Emplacement de capteur à fourche.

b) Partie mesure

La mesure de vitesse circulaire de l'anémomètre est calculée à l'aide d'un anémomètre spécialisé qui nous donne la vitesse en mètre par seconde dans chaque cycle des mesures représentées dans le *tableau 4.1* :

- Vitesse réelle : mesurée par l'anémomètre (Meterman TMA10) (Figure 4.8).
- Impulsions capturées : nombre des tours capturés par notre anémomètre chaque 2 secondes.
- Moyenne des impulsions : moyenne des tours capturés chaque 5 essais.



Figure 4.8 : Anémomètre Meterman TMA10.

Tableau 4.1 : la vitesse réelle en fonction des imputions capturées.

		Vent émis chaque 2 sec														
Vitesse réelle en m/s		6					9					11				
Impulsions capturées		4	5	4	4	3	3	3	3	3	3	9	9	8	6	8
Moyenne des impulsions		14					23					28				

Le graphe représenté dans la *Figure 4.9* nous donne les impulsions capturées en fonction de la vitesse réelle:

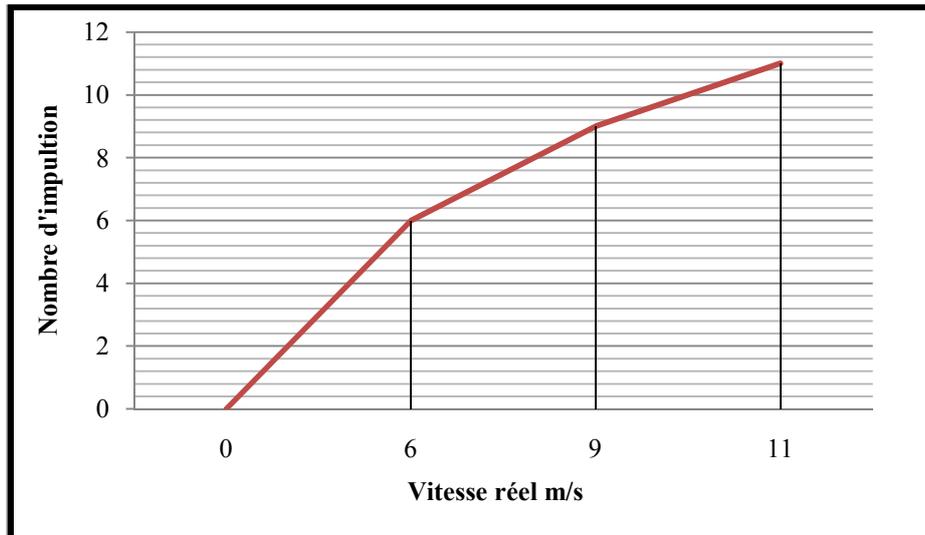


Figure 4.9 : Graphe d'étalonnage des impulsions capturées en fonction de la vitesse réelle.

c) Fonction d'étalonnage

A partir du graph d'étalonnage (Figure 4.9), On a observé que la vitesse de vent est linéaire avec le nombre des tours comptés (nombre d'impulsion capturées divisées par deux) donc la fonction du capteur de vent qui peut s'écrire sous la forme suivante :

$$V = (n * 2 * R) / T \quad (4.1)$$

V= vitesse en mètre par seconde.

n= Nombre de tours comptés.

R= rayon du cercle décrit par l'anémomètre.

T= le temps mis pour faire "n" tours en seconde.

On a obtenu alors :

$$V = 2500 * n \left(\frac{m}{s} \right) \quad (4.2)$$

4.4.2. Photorésistance (LDR)

Une photorésistance (LDR) est un capteur de lumière dont la résistance électrique R_c varie avec l'éclairement reçu E en lux (lx).

On a fait l'étalonnage de LDR dans l'EPST (Centre de Développement des Energies Renouvelables), dans la localité côtière de Bou Ismaïl, en utilisant un luxmètre et une LED avec un générateur de tension variable. Pour augmenter la précision de notre étalonnage, nous avons mis le capteur de lumière (LDR) et la LED dans une boîte noire avec une distance entre eux de 5 cm.

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 4.2 : Les résultats de l'étalonnage de la photorésistance (LDR).

E (lux)	250	350	500	700	899	1000	1205	1603	1800
R_c (KΩ)	5.56	4.37	3.149	2.701	2.305	2.145	1.897	1.580	1.472
E (lux)	2000	3020	4020	5000	6000	96600	103000	125000	148000
R_c (KΩ)	1.541	1.174	0.981	0.855	0.778	0.187	0.179	0.156	0.146

D'après le *tableau 4.2*, on observe que la résistance R_c de la LDR varie en fonction de l'intensité lumineuse E en (lux) suivant la relation:

$$R_c = k * E^{-\alpha} \quad (4.3)$$

k et α étant des constantes à déterminer.

E: l'intensité lumineuse en (lux).

R_c: résistance ohmique de la photorésistance.

a) Fonction d'étalonnage

Pour trouver les valeurs de α et k on a adapté la technique de régression linéaire au sens des moindres-carrés .l'équation (4.3) peut s'écrire comme :

$$\ln R_c = \ln k - \alpha \ln E \quad (4.4)$$

On prend :

$$a = \ln k \text{ et } b = -\alpha$$

et de là, nous obtenons

$$\ln R_c = a + b \ln E \quad (4.5)$$

En utilisant deux valeurs moyennes à partir du *tableau 4.2* :

$$E(2000,6000), R_c(1541,778)$$

Nous aurons :

$$\begin{cases} 7.3402 = a + b * 7.6009 \\ 6.6567 = a + b * 8.6955 \end{cases} \quad (4.6)$$

D'ou :

$$\begin{cases} a = 12.0691 \\ b = -0.6222 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \alpha = 0.6222 \\ k = 1.744 * 10^5 \end{cases}$$

Finalement, nous obtenons :

$$R_c = 1.744 * 10^5 E^{-0.6222} \quad (4.7)$$

b) Montage du capteur de lumière

Dans notre application, on a utilisé un diviseur de tension pour calculer la résistance délivrée par le capteur de lumière (*Figure 4.10*). Un diviseur de tension est un système qui permet de fournir une tension de sortie à partir d'une tension d'entrée donnée (5 V). La valeur de la tension de sortie est toujours plus faible que celle de la tension d'entrée, ça ne peut pas être autrement avec ce type de système.

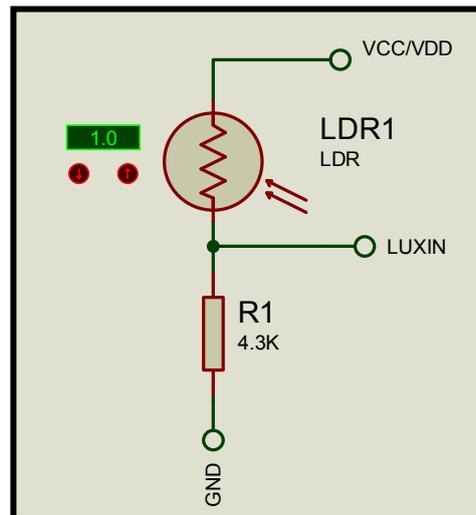


Figure 4.10 : Montage de la photorésistance (LDR).

La tension de sortie pour ce montage est donnée par la relation suivante :

$$U_2 = U \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (4.8)$$

Avec :

$$U = V_{cc} = 5V; R_1 = 4.3k$$

U_2 : la tension au borne du LDR

R_2 : la resistance du LDR

La sortie LUXIN (*Figure 4.10*) délivre une tension analogique qui sera mesurée par l'entrée ADC au niveau de pin AN0 du pic utilisé.

c) Acquisition des données

La mesure de la tension analogique délivrée par le diviseur de tension consiste à configurer le registre ADCON0 (*Figure 4.11*) et ADCON1 (*Figure 4.12*) présents dans le pic 16f877a:

ADCON0 REGISTER (ADDRESS 1Fh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit 7						bit 0	

Figure 4.11 : Registre ADCON0.

Pour notre application le registre ADCON0 prend la valeur 0x01, où :

- ADCS1=0 et ADCS0=0 : temps d'échantillonnage maximum,
- CHS2=0 et CHS1=0 et CHS0=0 : la porte utilise est AN0,
- GO/DONE=0 : la valeur mesuré stocker jusque reçois une nouvelle valeur,
- ADON=1 : module convertisseur est sous tension.

ADCON1 REGISTER (ADDRESS 9Fh)

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7				bit 0			

Figure 4.12 : Registre ADCON1.

La valeur de la registre ADCON1 prend la valeur 0x00, où:

- ADFM=0 : 6 bits significatifs de ADRESL sont lus comme '0',
- ADCS2=0 : temps d'échantillonnage maximum,
- PCFG3...PCFG0=0000 : la tension référence (0-5V), et pin AN0 est entré analogique.

La valeur numérique obtenue à partir de l'entrée ADC est calculée par la fonction $ADC_Read(0)$, qui nous permet de mesure la valeur de tension d'entrée:

$$U_2 = 5 - \frac{ADC_Read(0) * 5}{1023} \quad (4.9)$$

A partir de la fonction (4.9) on calcule la valeur ohmique de la photorésistance (LDR) :

$$R_2 = \frac{1023 - ADC_Read(0)}{ADC_Read(0)} * 4300 \quad (4.10)$$

Finalement pour mesurer l'intensité lumineuse on applique la relation d'étalonnage :

$$E = 2.6725 * 10^8 * R^{-1.6077} \quad (4.11)$$

Dans notre application, on a limité la variation de l'intensité lumineuse entre 6000 et 60000 lux, représenté dans la courbe de la *Figure 4.13* :

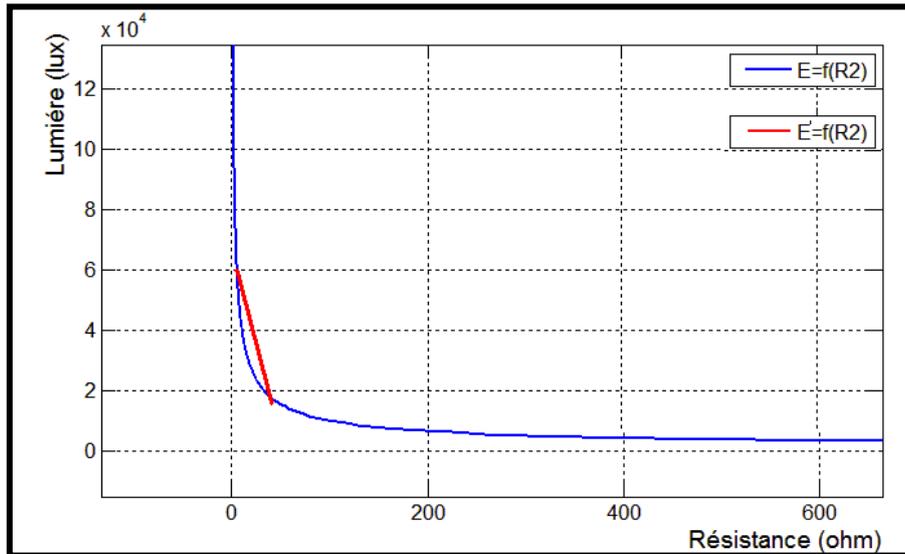


Figure 4.13 : Courbe de linéarisation utilisée.

D'après la *Figure 4.13* on a trouvé la fonction suivante :

$$E = -91 * R + 7.7 * 10^4 \quad (4.12)$$

4.5. Principe de fonctionnement

4.5.1. Fonctionnement en position automatique

a) Action en fonction de la vitesse du vent

Si la vitesse du vent dépasse le seuil fixé pendant 5 secondes consécutives, la remontée du store intervient pour sa protection.

Lorsque cette vitesse retombe en dessous du seuil, le store reste relever pendant une durée de 12 minutes avant d'autoriser une redescende.

A l'issue de cette temporisation, le store redescendra s'il y a du soleil ou si l'on se trouve en position manuelle de descente.

b) Action en fonction de la luminosité

Lorsque la luminosité du soleil dépasse le seuil fixé pendant au moins 3 minutes, et que l'interrupteur Auto/Manu sur le boîtier est sur Auto, le store descend. Si la luminosité retombe en dessous du seuil réglé et qu'aucune intervention extérieure (Commande manuelle, vent) n'apparaît, le store remonte au bout d'un quart d'heure.

L'organigramme dans la *Figure 4.14* résume le fonctionnement en mode automatique :

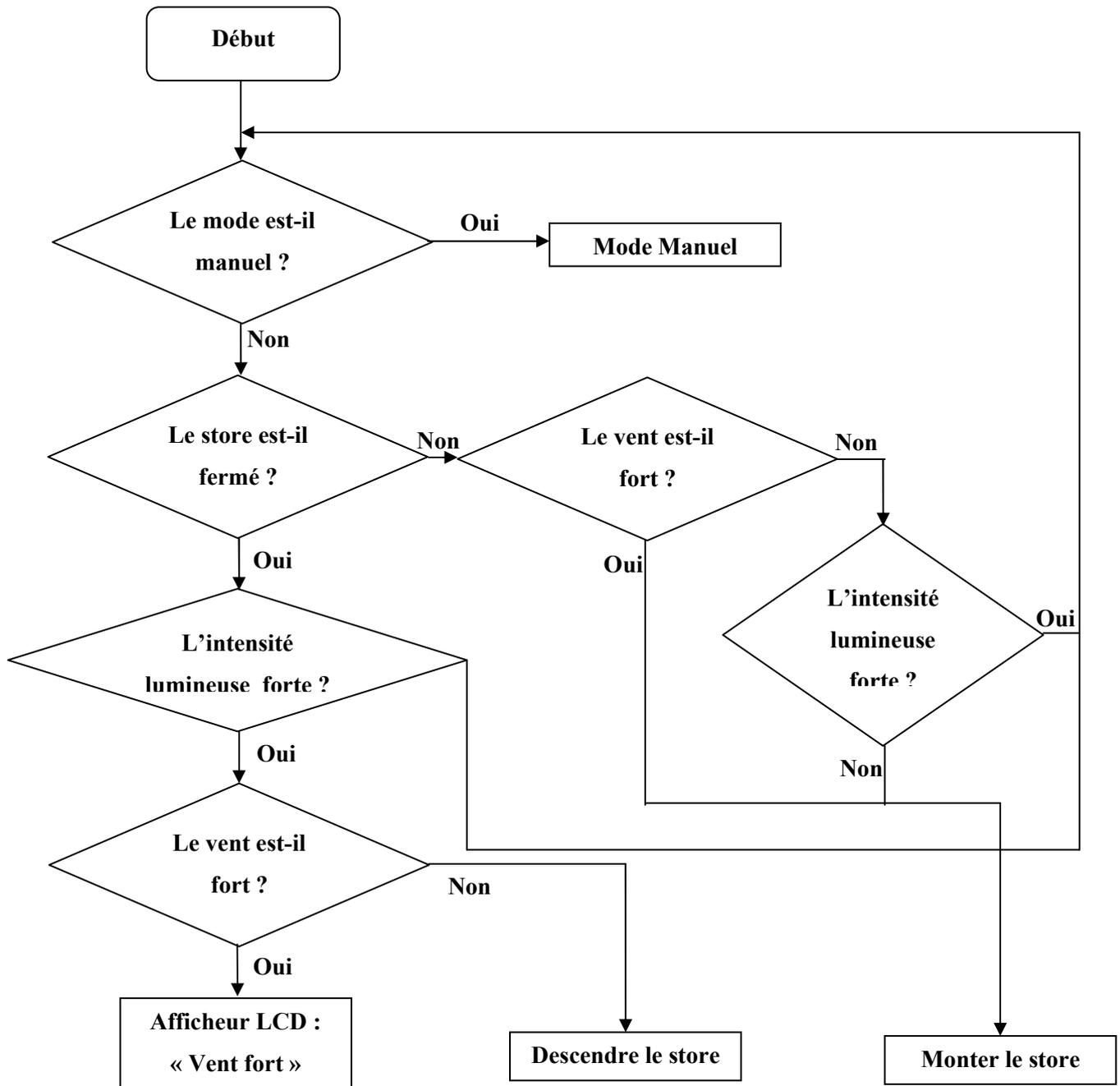


Figure 4.14 : Organigramme de fonctionnement en position automatique.

4.5.2. Fonctionnement en position manuelle

On peut commander notre store manuellement par les Deux boutons poussoirs situés sur la plaque représentée sur la *Figure 4.16*.

- Lorsque l'utilisateur appuis sur le bouton vert, et que l'interrupteur Auto/Manu sur le boîtier est sur *Man*, le store monte.
- Lorsque l'utilisateur appuis sur le bouton jaune, et que l'interrupteur Auto/Manu sur le boîtier est sur *Man* et si la vitesse du vent est inférieure au seuil fixé, le store descend.



Figure 4.16 : Bouton de la commande manuelle.

4.5.3. Réglage du seuil vent et du seuil luminosité

On peut régler le seuil adéquat de vent et de lumière par les quatre boutons représentés sur la Figure 4.17 :

Les deux boutons verts pour augmenter la valeur de seuil lumière et de vent.

Les deux autres boutons jaunes pour diminuer la valeur de seuil de la densité lumineuse et la vitesse de vent.

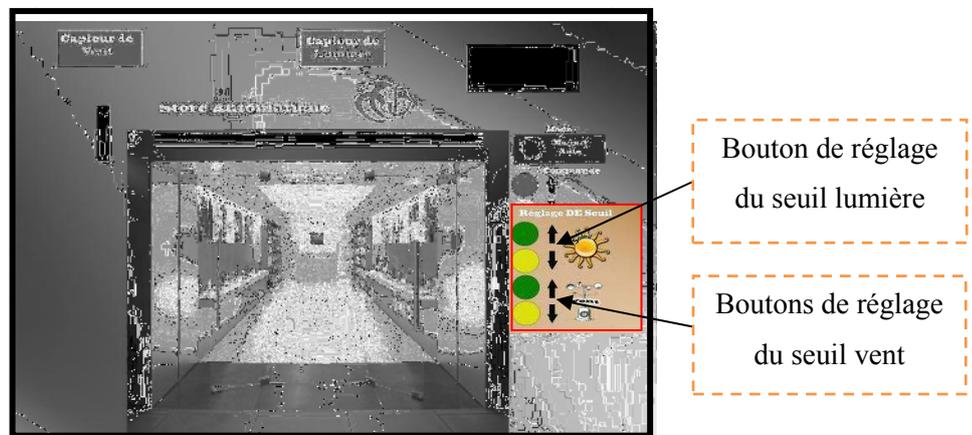


Figure 4.17 : Boutons de réglage des seuils.

4.6. Réalisation des différentes parties

Dans cette partie on va présenter les outils utilisés pour réaliser le store :

- Pour connaître la position du store, on a utilisé un capteur de présence, il envoie un '1' au pic si le store est complètement monté (Figure 4.18) :

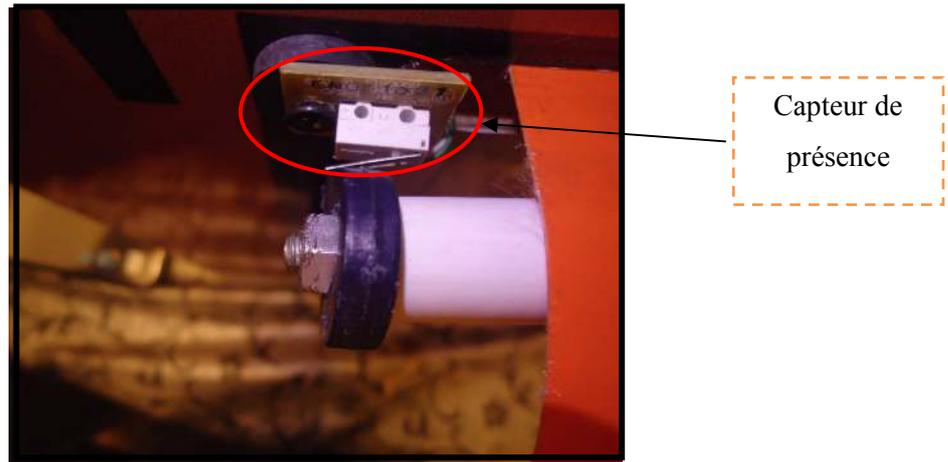


Figure 4.18 : Capteur de présence.

- Pour augmenter la précision du capteur de lumière, on le place en haut de store comme représenté sur la Figure 4.19 :

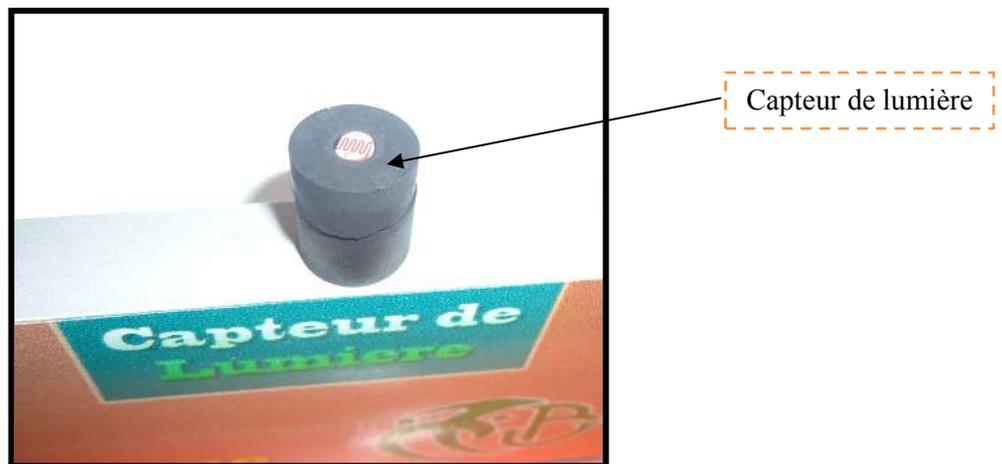


Figure 4.19 : Capteur de lumière (LDR).

- On a placé notre moteur a courant continue avec un réducteur pour augmente le couple et diminue la vitesse :

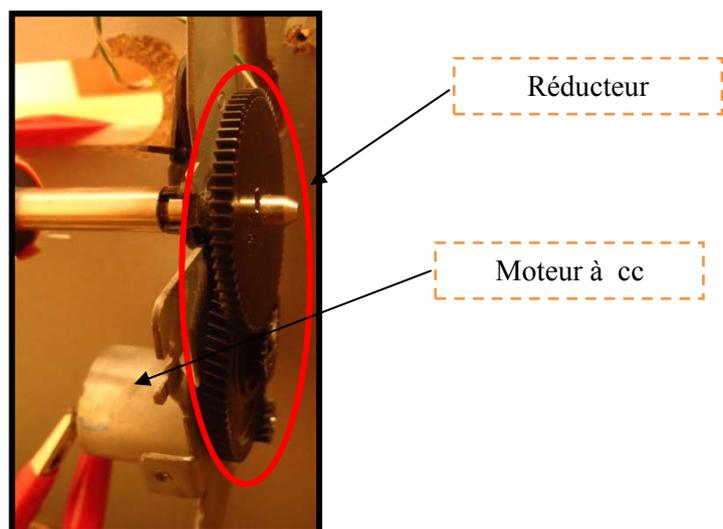


Figure 4.20 : Moteur et réducteur

la Figure 4.21 montre le montage final de notre réalisation :



Figure 4.21 : montage final.

4.7. Conclusion

La stratégie utilisée dans la partie réalisation est basée sur la simplicité des montages et le moindre coût, pour assurer le bon fonctionnement de notre carte. Pour réduire le nombre de connexions et de circuits nous avons utilisé sept boutons poussoirs au lieu d'un clavier matriciel. Notre montage est bien fonctionnel.

3.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différents éléments utilisés pour réaliser un store automatique dont la commande est sensible au vent et au soleil.

3.2. Schéma synoptique :

Le schéma synoptique (*figure 3.1*) résume tout le projet dans un schéma simple et clair :

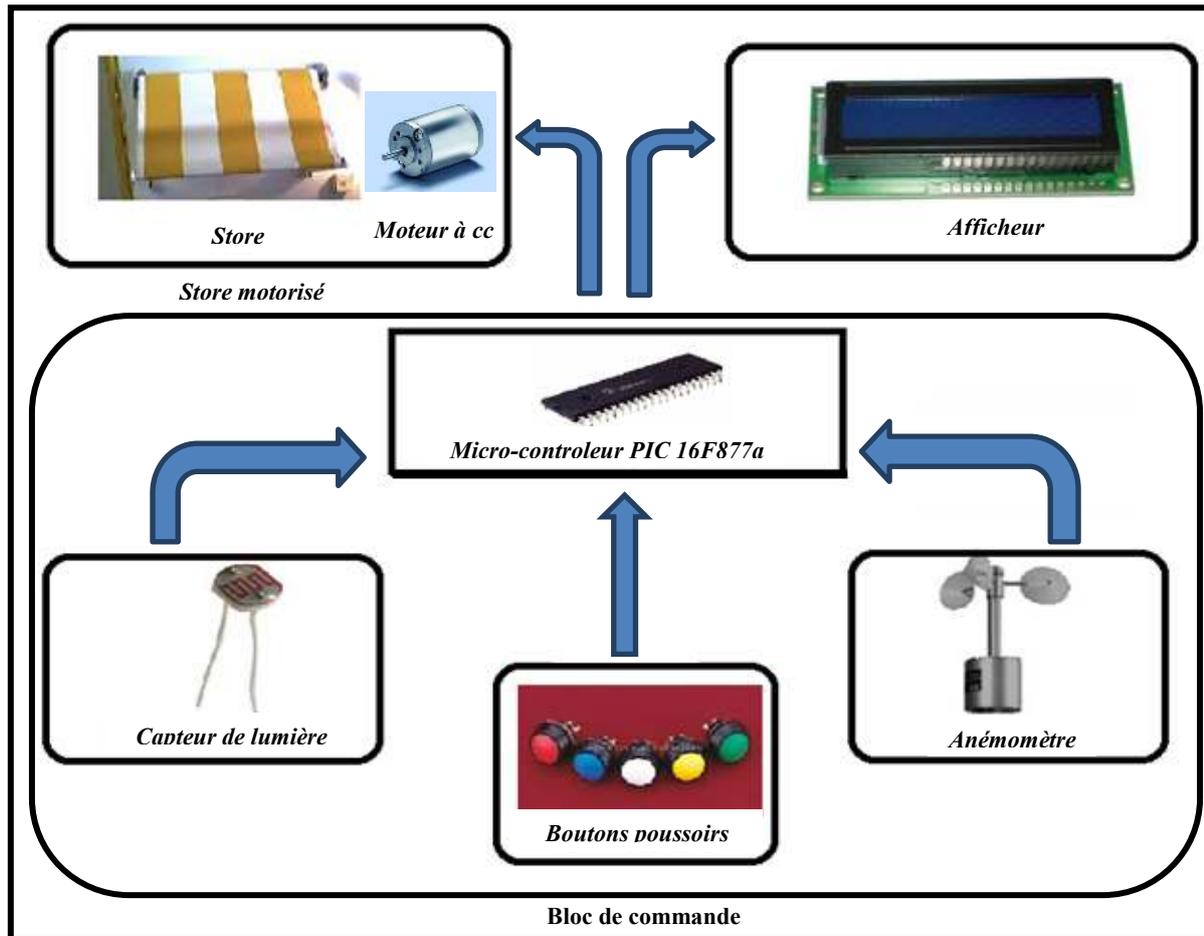


Figure 3.1 : schéma synoptique.

Le système étudié est composé d'un bloc de commande et d'un store motorisé.

Le bloc de commande permet d'actionner automatiquement (ou manuellement) le moteur du store [15].

Ce bloc de commande constitue le cœur d'un automatisme qui permet d'agir sur la position du store motorisé et donc de le faire monter ou descendre par rapport aux conditions climatiques (vent et lumière) et par rapports aux souhaits de l'utilisateur de protéger (un local, une terrasse...) contre l'excès d'ensoleillement.

3.3. Présentation du store

Pour simplifier l'utilisation des stores de protection solaire (Vitrines de magasins, les fenêtres des hôtels etc.), notamment afin d'éviter une commande manuelle fastidieuse, des mécanismes de commande motorisés et des systèmes automatiques de contrôle de stores se sont développés.

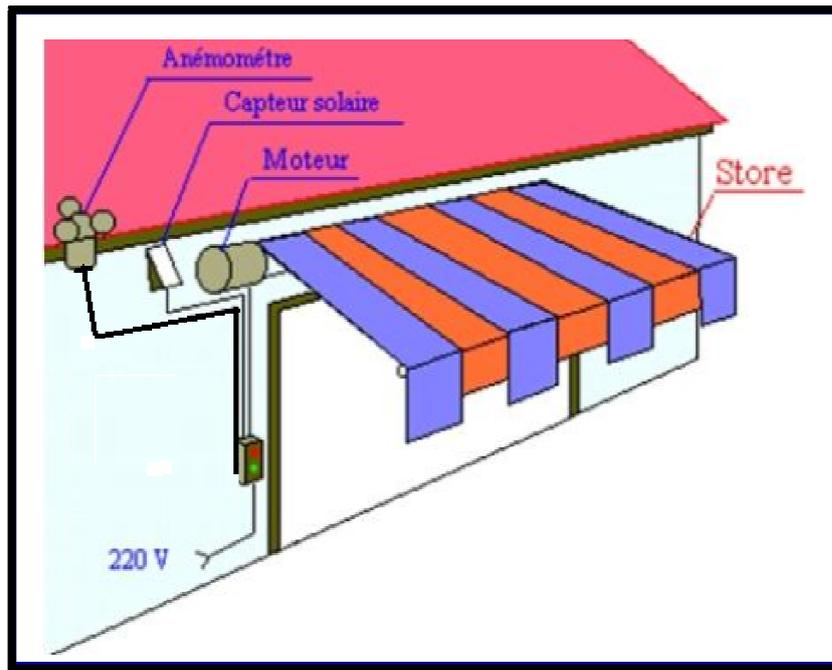


Figure 3.2 : store automatique.

3.3.1. Action en fonction de la vitesse du vent

Si la vitesse du vent dépasse le seuil fixé pendant 5 secondes consécutives, la remontée du store intervient pour sa protection.

Lorsque cette vitesse retombe en dessous du seuil, le store reste relevé pendant une durée de 4 minutes avant d'autoriser une redescende.

A l'issue de cette temporisation, le store redescendra s'il y a du soleil ou si l'on se trouve en position manuelle de descente.

3.3.2. Action en fonction de la luminosité

Lorsque la luminosité du soleil dépasse le seuil fixé pendant au moins 4 minutes, et que l'interrupteur Auto/Manuelle sur le boîtier est sur Auto, le store descend. Si la luminosité retombe en dessous du seuil réglé et qu'aucune intervention extérieure (Commande manuelle, vent) n'apparaît, le store remonte au bout de 3 minutes.

3.4. Le Choix Du Microcontrôleur

Le choix d'un microcontrôleur est primordial car c'est de lui que dépendent en grande partie les performances, la taille, la facilité d'utilisation, de programmer et simuler et le prix du montage.

Le pic 16F877a possède en plus des instructions très puissantes donc un programme à développer réduit, une programmation simple grâce au mode série. En fait, la cause principale du choix du 16F877a est qu'il dispose de l'option du convertisseur A/N et plus de trois timers.

3.5. Acquisition de la mesure

Cet organigramme représente les étapes d'acquisition d'un signal analogique appliqué sur les pins du CAN. Pour notre application, le signal analogique est celui délivré par la photorésistance appliqué sur le pin RA0 du CAN.

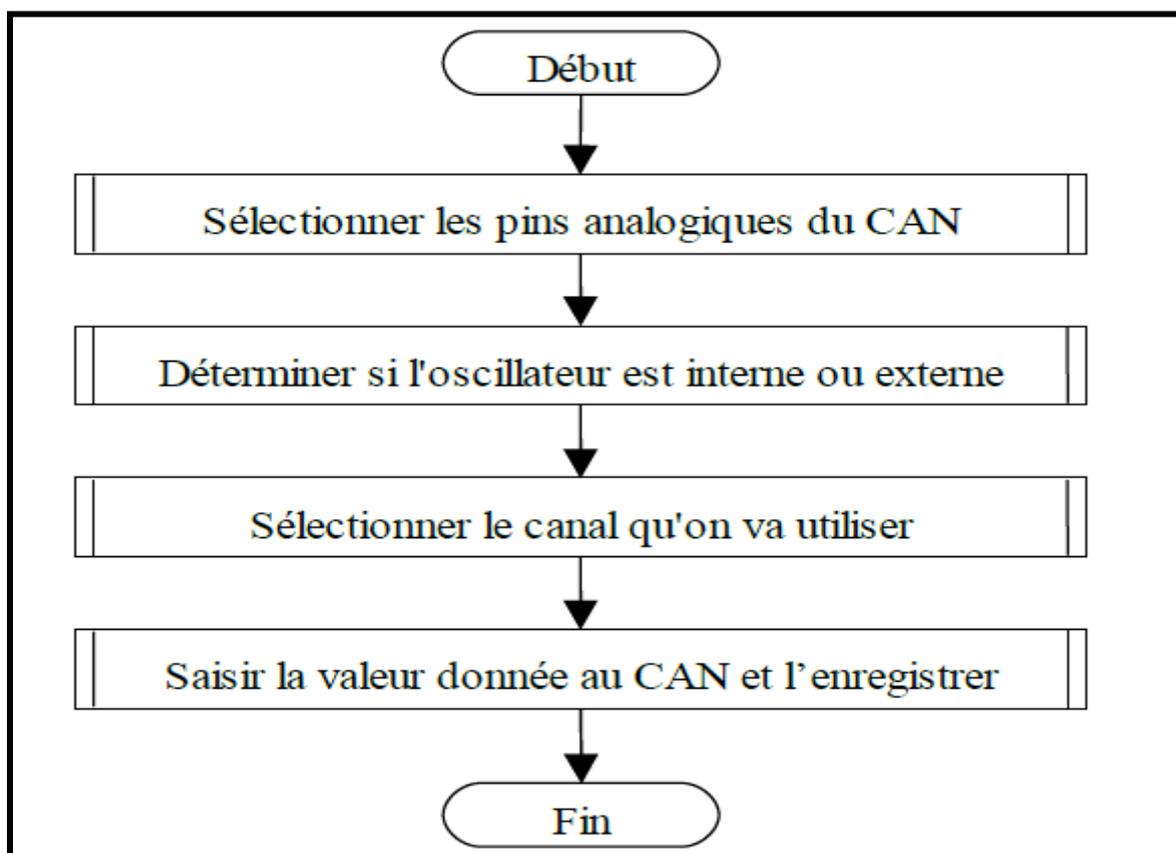


Figure 3.3 : L'organigramme d'acquisition de la mesure.

3.6. Présentation de l'afficheur LCD :

Les afficheurs à cristaux liquides sont des modules compacts intelligents et nécessitant peu de composants externes. Ils sont utilisés avec beaucoup de facilité.

Plusieurs afficheurs sont disponibles sur le marché et ne se différencient pas les uns des autres, seulement par leurs dimensions, (1 à 4 lignes de 6 à 80 caractères), mais aussi par leurs caractéristiques techniques et leurs tensions de services.

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).

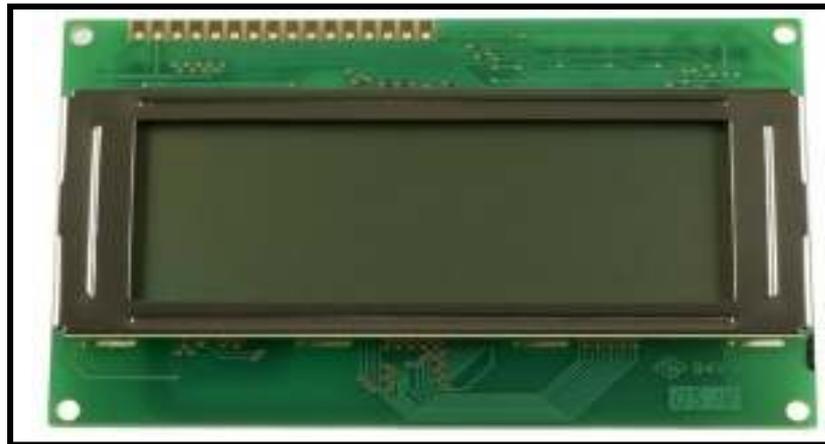


Figure 3.4 : l'afficheur LCD 16*2.

Sur l'afficheur LCD de deux lignes et seize caractères utilisé présenté dans la *figure 3.4*, on remarque au-dessus de l'écran à cristaux liquides une série de 14 broches aux rôles suivants :

- Broche 1 : masse.
- Broche 2 : Vcc.
- Broche 3 : luminosité.
- Broche 5, R/W : sélection du mode lecture ou écriture : 0 pour écriture et 1 pour lecture.
- Broche 6, E : Commande des opérations d'écriture ou de lecture ;
- Broche 7 à 14 : utilisées pour le transfert des données ou des instructions. Le transfert peut se faire sur 8 bits, toutes les broches sont alors utilisées, ou sur 4 bits, dans ce cas, seules les broches 11 à 14 sont utilisées.

3.6.1. Fonctionnement et commande du LCD

Un afficheur LCD est capable d'afficher tous les caractères alphanumériques usuels et quelques symboles supplémentaires. Pour certains afficheurs, il est même possible de créer ses propres caractères.

a) Principales instructions

Chaque caractère est identifié par son code ASCII qu'il faut envoyer sur les lignes D0 à D7. Ces lignes sont aussi utilisées pour la gestion de l'affichage avec l'envoi d'instructions telles que l'effacement de l'écran, l'écriture en ligne 1 ou en ligne 2, le sens de défilement du curseur :

- Effacement de l'écran en remplissant du caractère « espace »

D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
0	0	0	0	0	0	0	1

- Retour en début de première ligne

D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
0	0	0	0	0	0	1	*

- Aller en début de seconde ligne

D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
1	1	0	0	0	0	0	0

- Contrôle d'affichage

D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
0	0	0	0	1	D	C	B

- Si D = 1 : affichage visible.
- Si C = 1 : curseur visible.
- Si B = 1 : inversion.

b) Connexion de l'afficheur sur la carte :

Dans notre application, nous avons utilisé un écran LCD alphanumérique de 2 lignes et 16 caractères. Cet écran est connecté au microcontrôleur sur ses ports C (*Figure 3.5*).

Un ensemble des instructions spécialisées qui permet de le piloter très facilement sont disponible dans le logiciel mikro c.

Il est également possible de piloter l'écran directement avec des instructions de commande sous forme binaire.

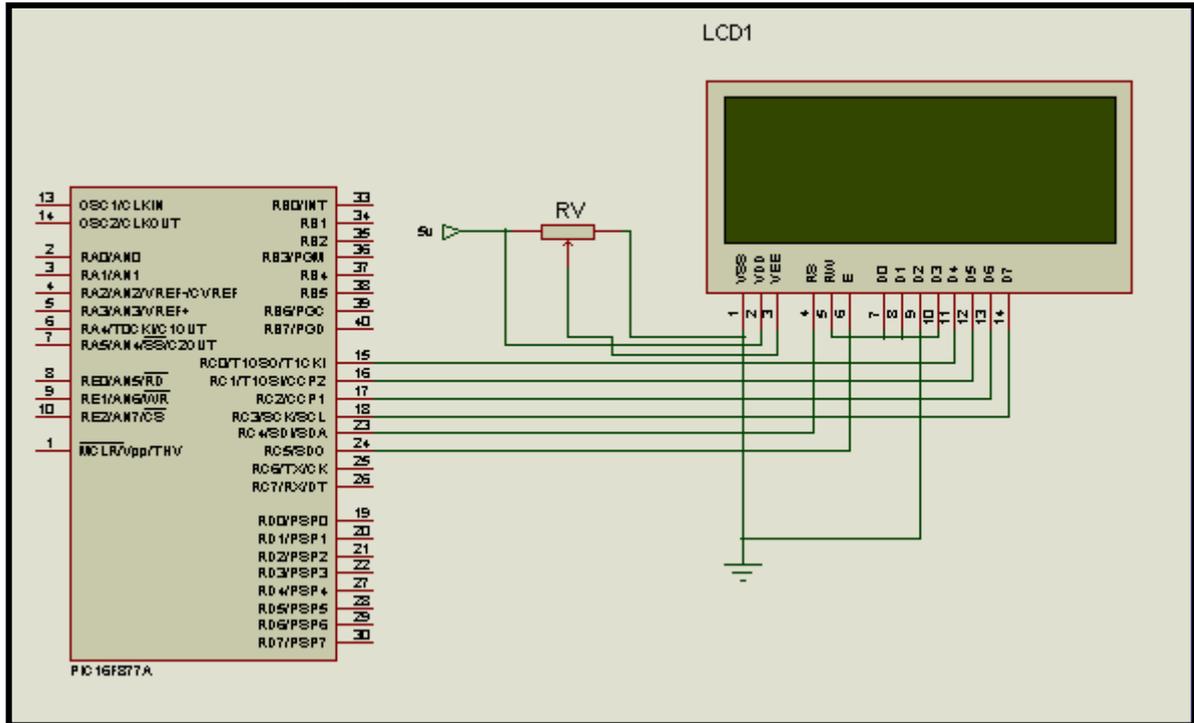


Figure 3.5 : Connexion de l’afficheur.

3.7. Présentation de l’anémomètre

Dans notre travail on va utiliser un anémomètre (*Figure 3.6*) pour mesurer la vitesse du vent qui présente un rôle important sur la durée de vie du store.

Cet anémomètre est construit par 3 coupelles hémisphériques tournant autour d’un axe vertical (*Figure 3.6*). Pour notre application, nous avons utilisé un anémomètre ‘WIND SPEED SENSOR 2740’ fourni par ‘AANDREAA INSTRUMENTS’.

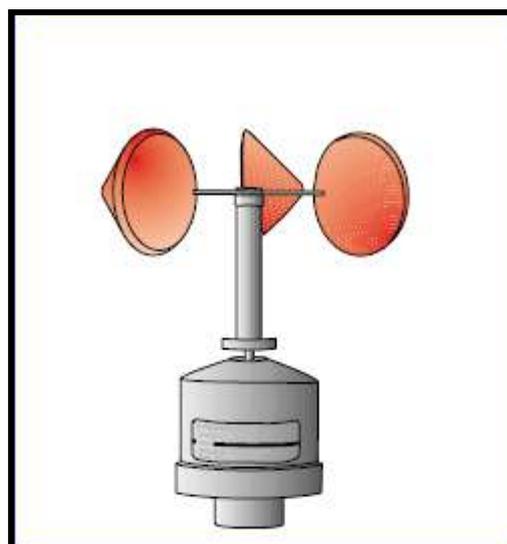


Figure 3.6 : capteur de vent.

La vitesse de rotation du capteur est proportionnelle à la vitesse du vent (système linéaire).

3.8. Capteur de lumière

Les capteurs de lumière les plus courants sont les photodiodes, les phototransistors et les photorésistances.

Première critère de choix, la disponibilité pour la photodiode et le phototransistor, qui risque d'être problématique à cause du spectre de la lumière visible. Ce sont des composants courants pour l'infrarouge mais plus rares pour le visible.

Quant à la photorésistance (*Figure 3.7*), elle est sensible dans le spectre visible, aisément disponible. Elle a le défaut d'être peu rapide mais ce n'est pas gênant pour notre application.

A noter que la principale utilisation de la photorésistance est la mesure de l'intensité lumineuse, elle est fortement concurrencée par la photodiode dont le temps de réponse est beaucoup plus court [13].

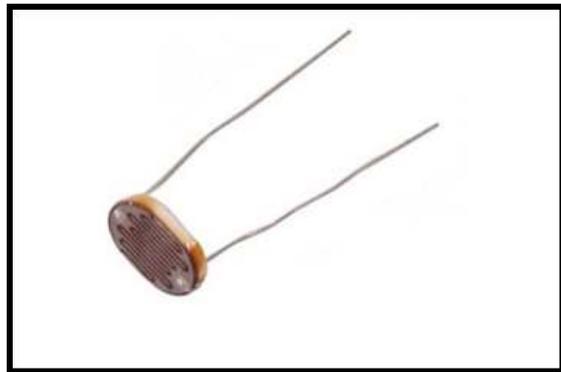


Figure 3.7 : La photorésistance.

3.8.1. Principe de fonctionnement de la photorésistance

La photorésistance mesurée dans l'obscurité possède une résistance d'une valeur d'environ 1 mégohm. Si elle reçoit un peu de lumière sa valeur descendra immédiatement aux environs de 400 kΩ. Si l'intensité de la lumière augmente, sa valeur descendra vers les 80 kΩ. Si elle reçoit une lumière forte, sa résistance descendra jusqu'à quelques dizaines d'ohms [13] (*voir figure 3.8*).

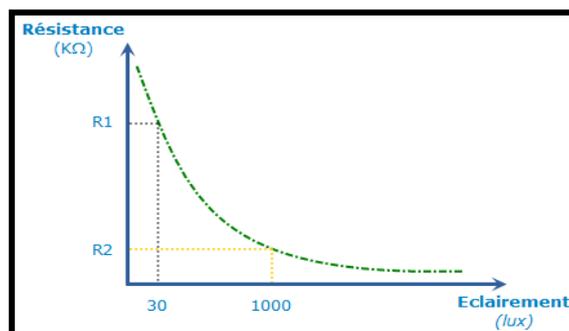


Figure 3.8 : variation de la résistance en fonction de l'éclairement.

Ces caractéristiques nous permettent d'utiliser cette LDR comme diviseur de tension qui varie avec la variation de l'intensité lumineuse.

On va utiliser la conversion analogique numérique avec le microcontrôleur pour mesurer l'intensité lumineuse appliquer sur le pin A0 représenté dans la figure 3.9.

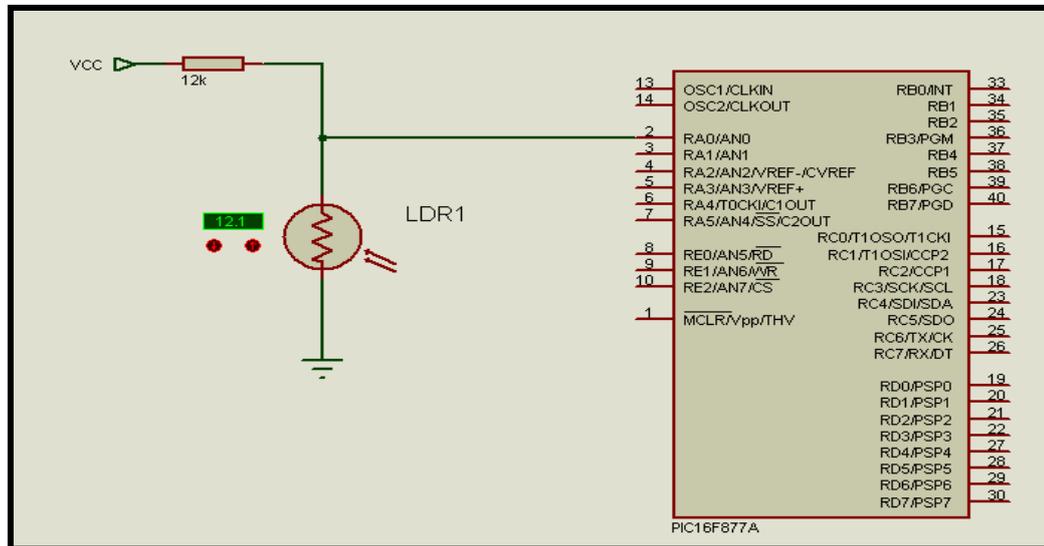


Figure 3.9 : Brochage de LDR avec le microcontrôleur.

3.9. Carte de commande

Notre carte de commande est constituée d'un moteur à courant continue et d'un étage de puissance :

3.9.1. Moteur à courant continu

Le moteur utilisé est un moteur à courant continu de l'imprimante HP (Hewlett Packard) (Figure 4.10). Il permet la descente et la montée du store. Le moteur est alimenté par une tension continue variable de 0 à 12 V. Il consomme en fonctionnement nominal un courant de 1.5 A. Dans notre projet on a limité la tension d'alimentation du moteur à 9V (0 à 9V).



Figure 3.10 : Moteur à courant continu C9050-60003.

3.9.2. Etage de puissance

L'étage de puissance est basé sur un émetteur commun, qui nous permet d'avoir à la fois du gain en tension et en courant sous de faibles tensions d'alimentation. L'élément clé est donc le transistor utilisé pour réaliser le montage en émetteur commun, pour notre application on a utilisé le circuit L298.

Le L298 est un *Dual Full Bridge Driver* (Figure 3.11), c'est à dire qu'il contient deux ponts en H intégrés avec une tension d'alimentation maximale de 50 volts et capable de transmettre un courant atteignant les 3A.

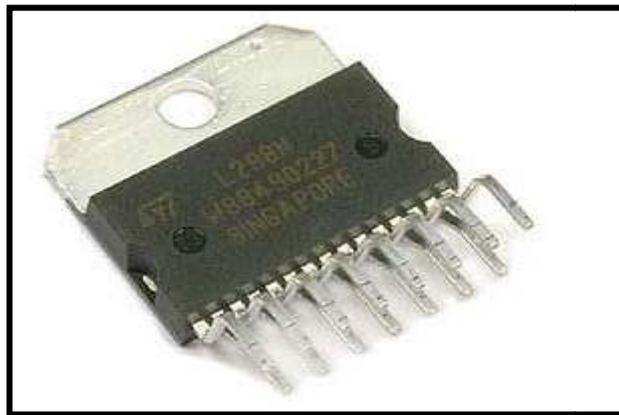


Figure 3.11 : Le circuit L298N [12].

Le L298N se présente dans le commerce sous forme d'un boîtier à 15 broches illustré sur la Figure 3.12.

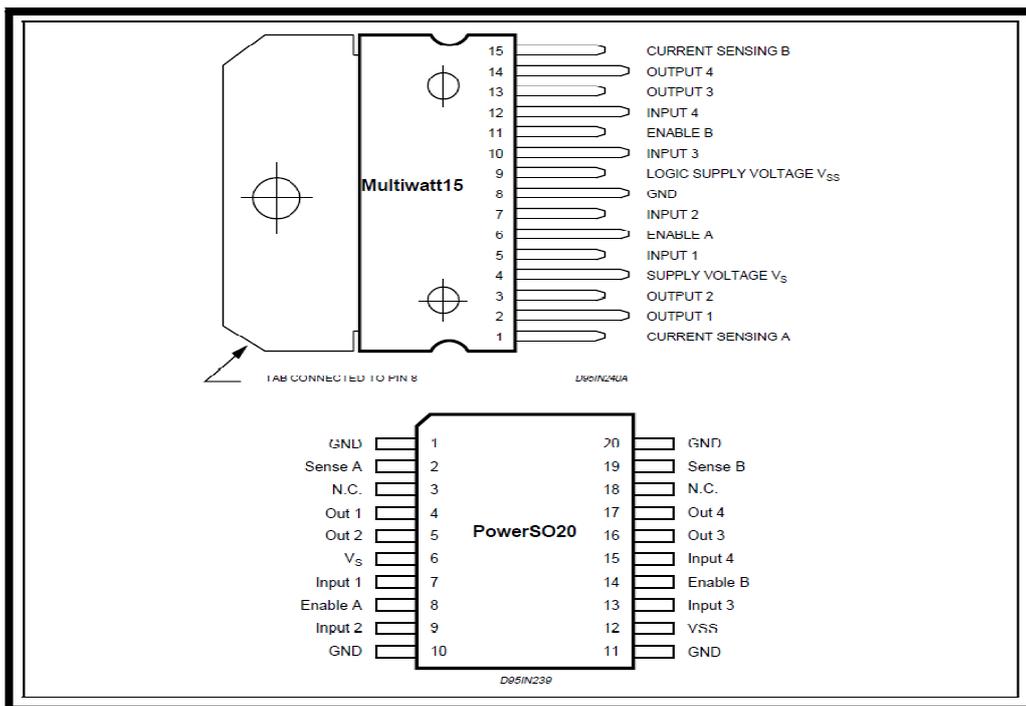


Figure 3.12 : Différentes broches du L298N.

3.10. Descriptions de la carte d’Alimentation stabilisée

Nos cartes de mesure et d’interface doivent être alimentées par une alimentation stabilisée qui fournit à la sortie:

- 5V pour alimenter le PIC, la LDR et le capteur à fourche de l’anémomètre.
- 9V pour l’alimentation du moteur.
- La masse (GND).

La *Figure 3.13* présente le schéma synoptique de l’alimentation réalisée.

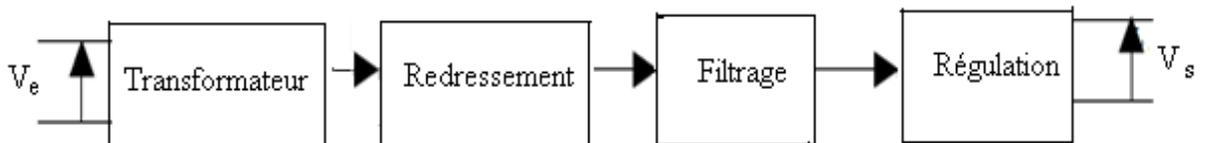


Figure 3.13 : schéma synoptique de l’alimentation.

La carte réalisée présenté dans la *Figure 3.14* contient :

- Un transformateur abaisseur, qui fournit sur son secondaire une tension alternative très inférieure à celle du secteur (220V/17V).
- Un pont redresseur (diodes en pont de Graëtz), qui fournit en sortie une tension non plus alternative mais redressée.
- 4 capacités de filtrage, qui réduisent l'ondulation de la tension issue du pont redresseur.
- 2 régulateurs de tension, dont le rôle est de stabiliser le potentiel de sortie pour une certaine valeur (5V et 9V). Pour avoir une tension de 5V on a choisi l'un des régulateurs de tension les plus utilisés le 7805, et pour la tension de 9V, on a choisi le 7809 (*voir annexe B*).
- 2 capacités de découplage.

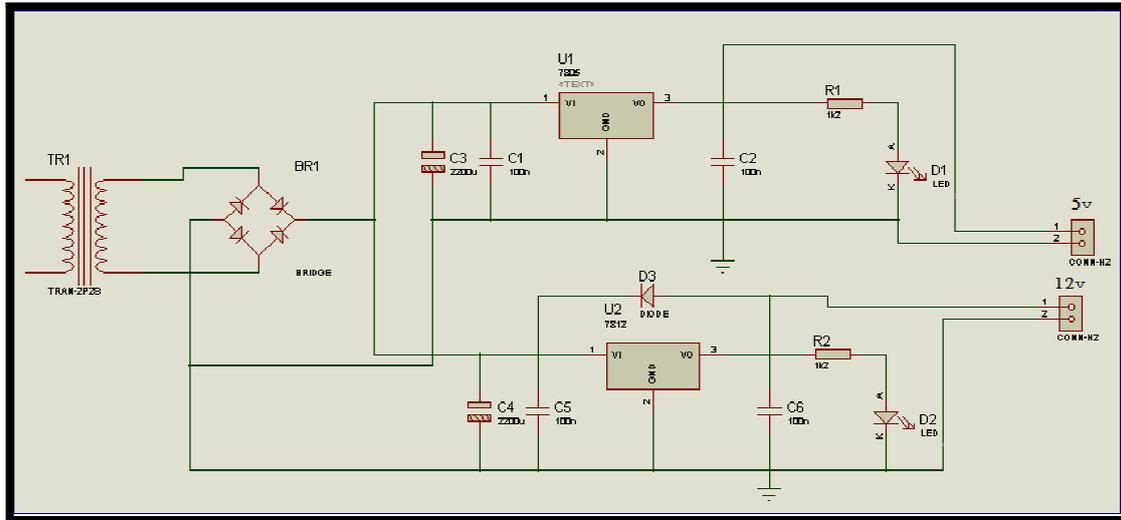


Figure 3.14 : Alimentation stabilisée.

3.10.1. Choix du transformateur

Notre Carte de développement nécessite une tension d'alimentation de (5V, 9V), ainsi nous devons choisir un transformateur dont la tension au secondaire est à 12V et à courant de 2A.

3.10.2. Choix de pont de redressement

Le choix de pont de diode est basé essentiellement sur :

- La tension inversée maximale de diode.
- Le courant moyen direct.

3.10.3. Choix des condensateurs

On utilise les condensateurs dans le montage pour deux raisons, le filtrage, et le découplage.

a) Choix des condensateurs de filtrage

Pour obtenir une tension presque constante, il faut brancher un ou plusieurs condensateurs en parallèle juste après le pont redresseur. Plus la valeur de la capacité est élevée, plus le filtrage sera meilleur. Les deux principaux critères à considérer dans le choix d'un condensateur sont :

- sa capacité.
- sa tension de service.

b) Choix des condensateurs de découplage

On les choisit de telles sortes qu'ils servent à améliorer la stabilité du régulateur.

c) Choix de régulateur de tension

Un régulateur de tension est un composant à semi-conducteur dont le rôle consiste à rendre quasi continue une tension qui présente une ondulation issue d'un pont redresseur et à stabiliser sa valeur.

La tension de sortie est le principal critère de choix, puisqu'elle correspond à la tension désirée. Ainsi, pour des tensions désirées, on choisira un LM78xx qui possède les caractéristiques suivantes :

- Courant de sortie 1A.
- Protection thermique interne contre les surcharges.
- Aucun composant externe nécessaire.
- Plage de sécurité pour le transistor de sortie.
- Limitation interne du courant de court-circuit.

3.11. Conclusion

Notre stratégie dans cette partie est basée sur la simplicité du montage et le moindre coût, pour assurer le bon fonctionnement de notre carte. Le chapitre suivant sera donc consacré à la réalisation des différentes cartes électroniques nécessaires pour notre projet et à la programmation.

LISTES DES FIGURES ET TABLEAUX

Liste des figures

Figure 1.1 :	Principe ETS	1
Figure 1.2 :	Anémomètre à coupelle	7
Figure 1.3 :	constitution d'un moteur électrique	11
Figure 1.4 :	coupe d'une machine à courant continu	12
Figure 1.5 :	schéma de principe de la régulation de vitesse	13
Figure 2.1 :	Description de la configuration du PIC 16F877a	15
Figure 2.2 :	Architecture interne de pic.....	16
Figure 2.3 :	Les différentes broches du PIC 16F877a.....	17
Figure 2.4 :	Brochage du circuit d'oscillation, réinitialisation, alimentation.....	18
Figure 2.5 :	Les ports d'entrées/Sorties du PIC 16F877a	20
Figure 2.6 :	l'éditeur de MIKRO C	20
Figure 2.7 :	Le programmeur du PICs.....	21
Figure 2.8 :	Menu principal du logiciel WINPROG	21
Figure 2.9 :	Menu principal du logiciel WINPROG (configuration PIC).....	22
Figure 3.1 :	schéma synoptique.....	23
Figure 3.2 :	store automatique.....	24
Figure 3.3 :	L'organigramme d'acquisition de la mesure	25
Figure 3.4 :	l'afficheur LCD 16*2	26
Figure 3.5 :	Connexion de l'afficheur	28
Figure 3.6 :	capteur de vent.....	28
Figure 3.7 :	La photorésistance	29

Figure 3.8 :	variation de la résistance en fonction de l'éclairement	29
Figure 3.9 :	Brochage de LDR avec le microcontrôleur	30
Figure 3.10 :	Moteur à courant continu C9050-60003.....	30
Figure 3.11 :	Le circuit L298N.....	31
Figure 3.12 :	Différentes broches du L298N.....	31
Figure 3.13 :	schéma synoptique de l'alimentation	32
Figure 3.14 :	Alimentation stabilisée	33
Figure 4.1 :	Interface ISIS	35
Figure 4.2 :	Carte d'alimentation	36
Figure 4.3 :	Carte d'alimentation en 3D.....	36
Figure 4.4 :	Carte de commande	37
Figure 4.5 :	Outils d'étalonnage de capteur de vent.....	38
Figure 4.6 :	Capteur à Fourche.....	38
Figure 4.7 :	Emplacement de capteur à fourche.....	38
Figure 4.8 :	Anémomètre Meterman TMA10	39
Figure 4.9 :	Graphe d'étalonnage les impulsions capturées en fonction de la vitesse réelle	40
Figure 4.10 :	Montage de la photorésistance (LDR).....	42
Figure 4.11 :	Registre ADCON0.....	43
Figure 4.12 :	Registre ADCON1.....	43
Figure 4.13 :	Courbe de linéarisation utilise	44
Figure 4.14 :	Organigramme de fonctionnement en position automatique.....	45
Figure 4.15 :	Organigramme de fonctionnement en position manuelle.....	46
Figure 4.16 :	Bouton de la commande manuelle.....	47

Figure 4.17 : Boutons de réglage des seuils	47
Figure 4.18 : Capteur de présence	48
Figure 4.19 : Capteur de lumière (LDR)	48
Figure 4.20 : Moteur et réducteur.....	48
Figure 4.21 : Montage final.....	49

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : échelle de Beaufort	8
Tableau 1.2 : les avantages et les inconvénients des photorésistances.....	10
Tableau 4.1 : la vitesse réelle en fonction des imputions capturés	38
Tableau 4.2 : Les résultats de l'étalonnage de la photorésistance (LDR)	40

NOMENCLATURE

Carte d'alimentation

TR1 : Transformateur 220/17.5V et courant de 2A ;

BR1 : Pont de diode ;

C1 = C2 = C3 = C4 = 100 nF ;

C5 = C6 = 2200 μ F ;

R1 = R2 = 10 k Ω ;

2 LED ;

U1 : LM7805 ;

U1 : LM7809 ;

Carte de commande

U1 : PIC16f877a ;

U2 : L298 ;

LCD 16*2 ;

X1 : quartz 4MHZ ;

C1 = C2 = 15 pF ;

D1 = D2 = D2 = D4 = D5 = D6 = D7 = D8 = D9 = D10 : 1N4148 ;

8 Butons poussoirs ;

R1 = 4.46 k Ω ;

R2 = R3 = R4 = R5 = R6 = R7 = R8 = R9 = R10 = R11 = 10 k Ω ;

RV1 = 10 k Ω ;

Capteurs

J1 : Capteur a fourche tcst 2200 ;

J2 : Capteur de présence CFR-1 ;

J3 : LDR photorésistance ;

J4 : Anémomètre Meterman TMA10 ;

CONCLUSION GENERALE

L'élaboration de ce travail dans le cadre du projet de fin d'étude, nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques en électronique et d'acquérir une bonne expérience au niveau de la réalisation pratique.

Nous avons réalisé un modèle intelligent qui permet le contrôle du store en conditions climatique (Vent, soleil).

Lors de cette manipulation, on a essayé de fournir à l'utilisateur le confort et la facilité de manipulation du store.

Notre projet nous a permis aussi de rentrer dans le vaste et passionnant domaine de l'informatique, c'est grâce à ce projet que nous avons appris d'un peu plus près des langages qui sont le MIKRO C et PROTEUS, et de nous familiariser avec les microcontrôleurs notamment le 16F877a et leur programmation.

Finalement, ce travail a été une occasion de concrétiser et de mettre en évidence nos compétences acquises au cours de notre formation académique avec notamment le parcours de thématique à savoir l'électronique, l'automatique, l'instrumentation et de consolider ainsi notre formation.

Liste des *Abréviations*

ASCII	American Standard/society Code for Information Interchange
PIC	Peripheral Interface Controller
ADC	Analog-to-Digital Converter
TRIS	The Register Input/output Setting
DSP	Digital Signal Processing
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
RAM	Random-Access Memory
ROM	Read-Only Memory
ISIS	Integrated Standby Instrument System
ARES	Advanced Rheometric Expansion System
RISC	Réduc Instructions Construction Set
MIPS	Million d'Instructions Par Seconde
MCLR	Master Clear

Introduction

Générale

Chapitre 1

Capteurs et Actionneurs

Chapitre 2
Généralités sur
les micro-contrôleurs

Chapitre 3

Etude théorique des différents blocs

Chapitre 4

Réalisation et tests

Conclusion Générale

Annexe A

Annexe B

Annexe c

NOMENCLATEUR

Référence bibliographique