

# Gestion et Instrumentation d'une Serre Agricole: Réalisation Expérimentale

HAJ HAMAD Imen, BOUZAOUACHE Hajer

*Laboratoire de Recherche en Automatique, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis.*

*LARA, ENIT, Université de Tunis El Manar*

imenhajhmad@gmail.com

hajer.bouzaouache@ept.rnu.tn

**Résumé**— Dans une serre agricole, il est essentiel de nos jours de créer un microclimat plus favorable aux exigences de la plante que le climat locale. Parmi les facteurs climatiques, nous considérons la température comme l'un des paramètres les plus importants pour la gestion du climat malgré la difficulté de son contrôle étant donné son influent rôle sur la photosynthèse, la respiration, la vitesse de croissance, le bourgeonnement, le calibre et la fermeté du produit. Dans ce cadre, le papier porte sur la présentation d'une approche expérimentale de gestion de la température et de l'humidité d'une serre en utilisant une plateforme électronique d'acquisition et de contrôle à base du PIC18F4550. L'interfaçage avec un PC est réalisé via un programme de gestion et de communication développé sous le logiciel Visual Basic.

**Mots-clés**— Serre agricole, Calculateur numérique, Capteur, Actionneur, circuit électronique, PIC18F4550.

## I. INTRODUCTION

Durant l'hiver la production agricole est très demandée. Elle nécessite un milieu ayant des conditions climatiquement favorable à la production.

Pour avoir une production assez riche malgré les conditions climatiques locales ou régionales non favorables, il est nécessaire de s'orienter vers l'exploitation de la production sous serre. Ceci demande un système de régulation et de contrôle des paramètres climatiques à l'intérieur de la serre.

La supervision climatique à l'intérieur d'une serre agricole a une grande importance pour la vie de la plante [1-3]. Elle nécessite plusieurs outils de contrôle étant donné que le système serre est un système complexe, non linéaire, et fortement corrélés avec l'environnement extérieur. Parmi ces outils nous envisageons de considérer dans notre application un PC, des actionneurs, des capteurs, un microcontrôleur, en plus de l'exploitation de logiciels dédiés au

développement des systèmes embarqués comportent des options qui permettent facilement de les rendre autonomes.

Dans notre cas du système serre, ils permettent de récupérer directement les informations données par les capteurs sur l'ordinateur et de les exploiter pour décrire l'état de la culture, les facteurs indésirables et maintenir une condition ambiante pour la croissance de la plante.

Ce travail concerne donc l'instrumentation de la serre. Des capteurs sont implantés pour mesurer les grandeurs physiques. Le capteur LM35DZ est considéré pour mesurer la température et le capteur HS1101 pour mesurer l'humidité. Ensuite, on utilise le circuit conditionneur pour amplifier et compenser les signaux à la sortie des capteurs.

Pour la gestion, la commande et la régulation des paramètres de la serre, on utilise le PIC18F4550. Ce dernier assure l'acquisition, le traitement et le contrôle des paramètres climatiques et la communication directement avec le PC via un port USB.

Un algorithme assurant la gestion du système serre a été réalisé et implémenté. Une grande importance a été accordé à la réalisation expérimentale.

## II. MODELE DE LA SERRE MONO-CHAPELLE

Une serre est une clôture, dans laquelle on peut contrôler son environnement et le modifier pour améliorer ses préférences et les rendre plus convenables pour augmenter le rendement, élargir la période de production et pour stabiliser des paramètres climatiques tels que la température, l'humidité, le rayonnement, la concentration en dioxyde de carbone. Ces derniers représentent les paramètres les plus importants pour la gestion du climat d'une serre agricole hivernale, Figure.1.

Beaucoup de travaux ont été réalisés sur le développement des modèles de la serre [4], [5], [6], [7]. En

général, ces modèles sont basés sur des modèles physiques à partir de mesures réelles enregistrées par les capteurs dans la serre agricole.

L'objectif de ce travail est d'instrumenter la serre par utilisation de moyens technologiques plus modernes pour contrôler la température et l'humidité à l'intérieur de la serre.

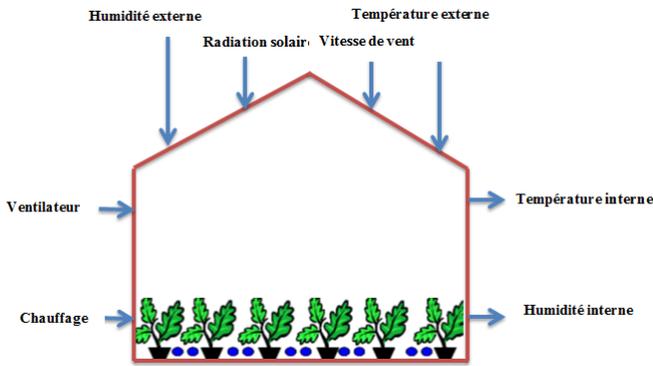


Fig. 1 Schéma synoptique global des paramètres climatiques sous serre.

Le principal paramètre auquel fait appel cette modélisation est la température intérieure de la serre dans le cas de plusieurs sollicitations. Dans un premier temps, il s'agit de relever les températures de l'ambiant intérieur et afin d'avoir un état représentatif, des capteurs ont été placés.

Les profils des températures relevés correspondent à une période de 20h. Ils permettent de formuler un modèle d'estimation représenté au niveau de la Figure 2.

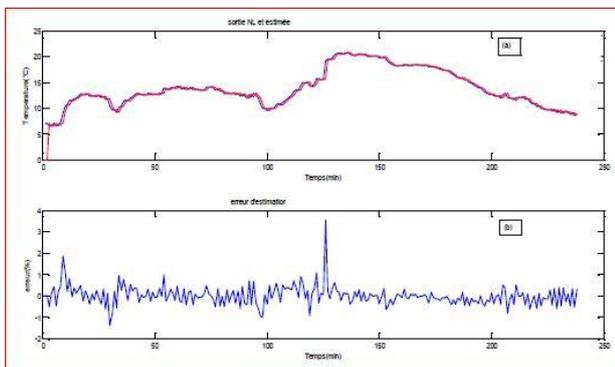


Fig.2 Evolution de la température à l'intérieur de la serre

On a remarqué que la température varie fortement pendant la journée. Cette forte variation est due à l'influence des radiations solaires extérieures.

### III. REALISATION EXPERIMENTALE

Nous envisageons dans la suite de proposer les capteurs adéquats ainsi que leur étalonnage et conditionnement.

#### A. Capteur de température

La serre à étudier a été munie d'un capteur de température LM35DZ dont le niveau de tension de sortie est proportionnel à la température mesurée en (°C).

Le capteur de température contient une diode Zener ajustable alimentée par un courant constant. La tension mesurée aux bornes du capteur dépend de la température et varie de 10mV/°C selon les données du constructeur [8].

Notons que l'avantage principal de l'utilisation de ce capteur par rapport aux autres capteurs de températures est son niveau de précision. En effet, le LM35DZ possède une précision typique de l'ordre de 0.5 °C à une température de 25°. Le circuit conditionneur utilisé est un montage amplificateur non inverseur. Il est représenté par le schéma de la Figure 3.

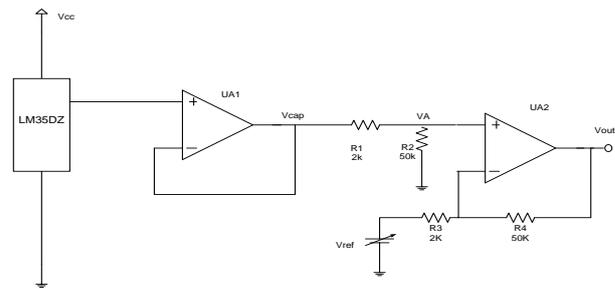


Fig.3 Circuit conditionneur du capteur de température.

D'après la Figure. 3, la tension aux bornes du capteur attaque un amplificateur suiveur ce qui permet d'isoler le capteur et l'unité de traitement. L'amplificateur (UA2) permet de calibrer la plage de température en fonction de la tension à sa sortie tel que:

$$0 < V_{out} < 5V \text{ pour } 0^\circ C < T < 100^\circ C$$

D'après le data sheet pour  $T=0^\circ C$ , on a  $V_{cap} = 3.1V$  donc il faut le compenser pour avoir un bon résultat.

D'après la Figure.3, on a

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_3} (V_{cap} - V_{ref}) \quad (1)$$

en considérant le choix suivant des résistances:

$$R_1 + R_2 = R_3 + R_4 \text{ et } R_2 = R_4$$

Pour obtenir 0V à 0°C, on choisit la tension de référence telle que :  $V_{réf} = V_{cap}$

Pour effectuer l'étalonnage d'un appareil de mesure, on effectue une manipulation expérimentale afin d'encadrer la précision de l'appareil et une méthode d'identification paramétrique est considérée afin de modéliser le thermomètre.

Dans notre cas, la régression linéaire (méthode de moindre carré) a été utilisée. Cette méthode permet de déterminer l'erreur quadratique moyenne due à l'appareil [9].

La Figure. 4 illustre l'opération d'étalonnage du capteur de température LM35DZ.

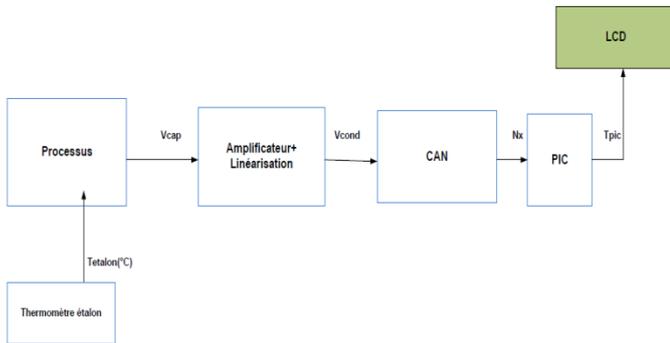


Fig. 3 Schéma synoptique du système de mesure de la température.

Pour calculer la tension de PIC ( $T_{pic}$ ) issue par le CAN, on a :

$$T_{cap} = \frac{V_{ref}}{2^n * G_{cap} * S_{cap}} \times N_x \quad (2)$$

$$T_{cap} = K \times N_x \quad (3)$$

$$T_{pic} = K \times N_x \quad (4)$$

Dans la suite, le logiciel MATLAB est utilisé afin de traiter les données sans limitation de taille et de réaliser des calculs numériques de façon fiables et rapides.

La fonction de conversion du capteur température, utilisant la méthode du moindre carré, est donnée par :

$$V_{Smod} = 0.10 \times T + 0.0014 [V] \quad (5)$$

L'erreur d'étalonnage est donnée par l'équation :

$$\mathcal{E}_m = \frac{T_{pic} - T_{etalon}}{T_{cal}} \times 100[\%] \quad (6)$$

Le logiciel MATLAB permet de calculer et de tracer l'erreur relative ainsi que d'estimer la fonction de transfert du capteur de température.

La Figure.5 montre que la courbe d'étalonnage est une courbe linéaire.

L'étalonnage réalisé sur le capteur LM35DZ a permis de définir l'équation reliant la variation de la tension de sortie  $V_s$  du circuit en fonction de température  $T$  [10].

Par ailleurs, La courbe de l'erreur d'étalonnage, représentée par la Fig. 7, montre que la précision de mesure du capteur de température est inférieure à 0.04%.

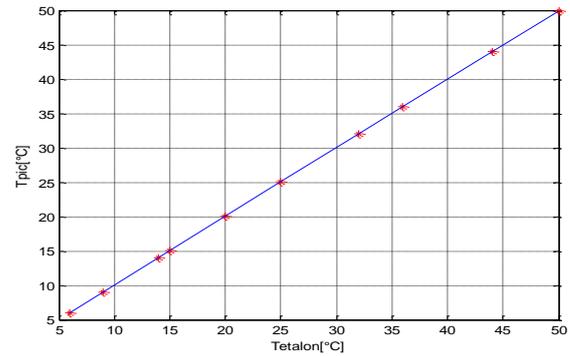


Fig.5 Courbe d'étalonnage du thermomètre à PIC.

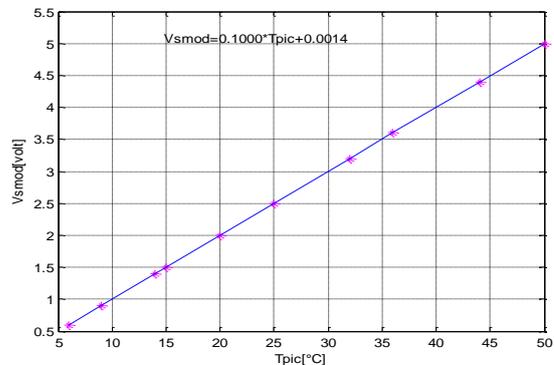


Fig. 6 Caractéristique de transfert du capteur de température LM35DZ.

### B. Capteur d'humidité

L'humidité d'un produit est couramment exprimée par le rapport en pourcentage du poids d'eau au poids total. La Figure 8 illustre le schéma synoptique du capteur d'humidité.

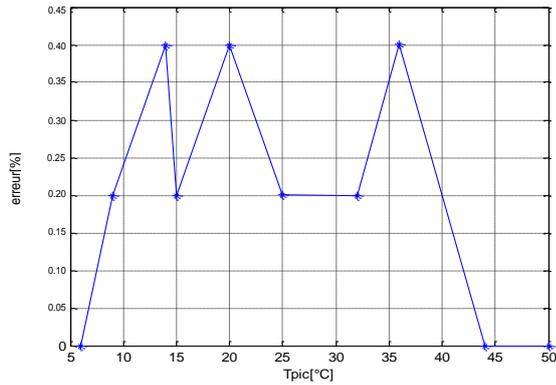


Fig. 7 l'erreur d'étalonnage du capteur température LM35DZ.

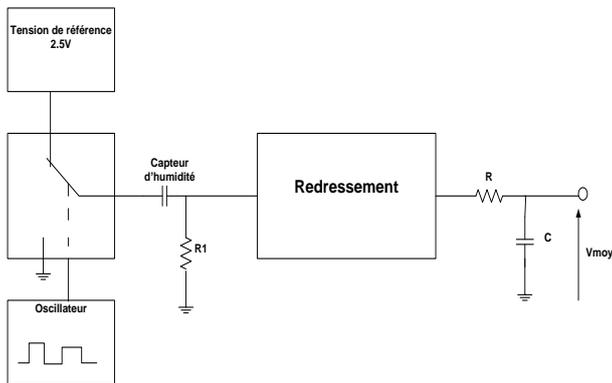


Fig.8 Schéma synoptique illustrant la récupération du signal fourni par le capteur humidité.

La structure est subdivisée en trois parties, à savoir une source de tension de référence  $V_{ref}$ , un commutateur analogique et un oscillateur astable délivrant un signal rectangulaire de rapport cyclique 50%.

La tension moyenne ainsi obtenue est directement proportionnelle à la capacité du capteur. La Fig.9 présente l'allure de  $V_{moy}$  et de la tension redressée.

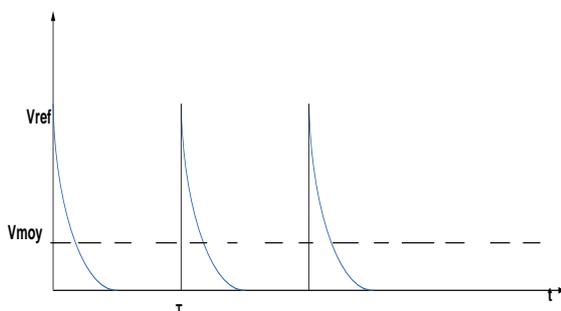


Fig.9 Redressement du signal différencié.

### C. Actionneurs

L'échauffement réel de la serre se fait par un chauffage électrique tandis que la ventilation est assurée par un ventilateur à vitesse variable.

### D. PIC 18F4550

Le microcontrôleur se présente sous la forme d'un circuit intégré, Figure 10, réunissant tous les éléments d'une structure à base de microprocesseur [11].

L'exploitation du PIC 18F4550 est réalisée selon le schéma électronique détaillé de la Fig.11.

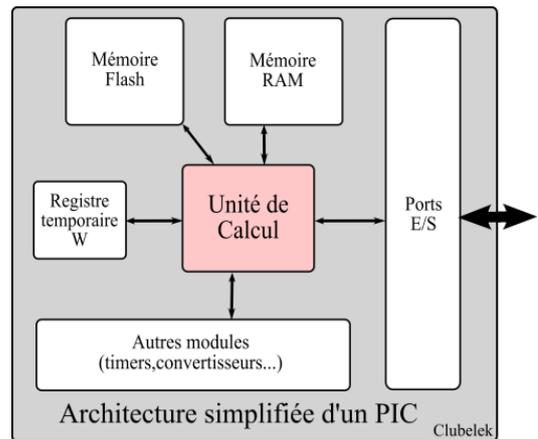


Fig. 10 Architecture simplifiée d'un PIC

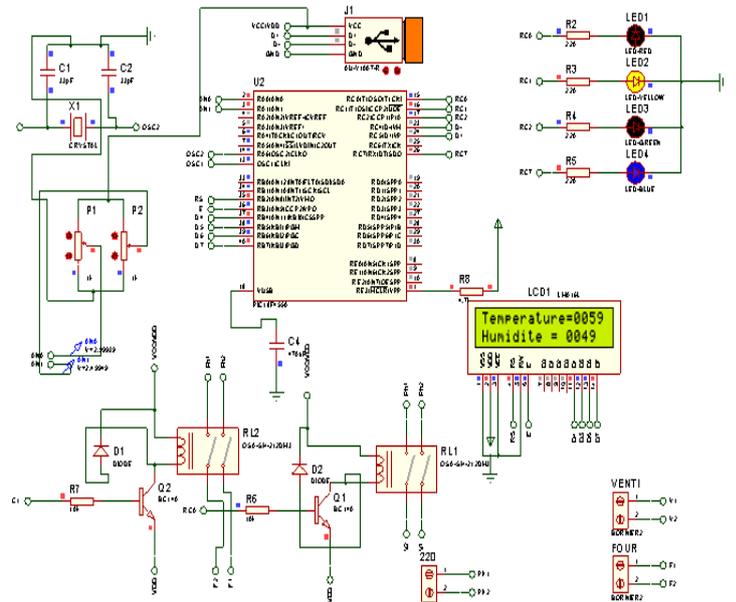


Fig.11 Circuit électronique à base du PIC 18F4550.

Dans le présent travail, le choix du microcontrôleur PIC18F4550 est considéré sur la base de la précision et de la rapidité de ce dernier. De plus il permet une liaison directe avec le port USB de l'ordinateur sans passer par un programmeur comme les autres PIC tel que le PIC18F77A.

- ✓ Un capteur d'humidité avec son conditionneur.

L'ensemble est connecté à une carte électronique contenant le PIC 8F4550, et un ensemble de relais pour la commande respectivement du système de chauffe et de ventilation.

### E. Organigramme de contrôle proposé

Sur la base des composants déjà précités et le PIC considéré, nous proposons l'organigramme de gestion des données et leurs affichage.

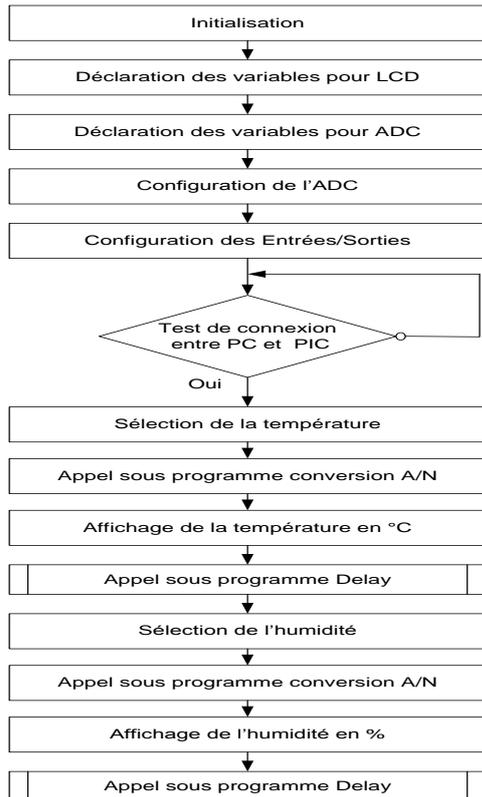


Fig.12 Organigramme de gestion et d'affichage de la température et de l'humidité à l'intérieur de la serre.

### F. Résultats pratiques

Au cours de cet essai, on utilise le logiciel Proteus ISIS pour la simulation de la température et de l'humidité aux bornes de l'afficheur LCD(16x2), Figure 13, ainsi que leurs courbes visualisées sur Visual Basic (vb.net), Figure 14.

Les représentations graphiques qui suivent illustrent le système de mesure réalisé et géré par ordinateur, Figure 15.

Ce dernier contient :

- ✓ Un capteur de température avec son conditionneur



Fig. 13 Vue éclatée d'un afficheur LCD

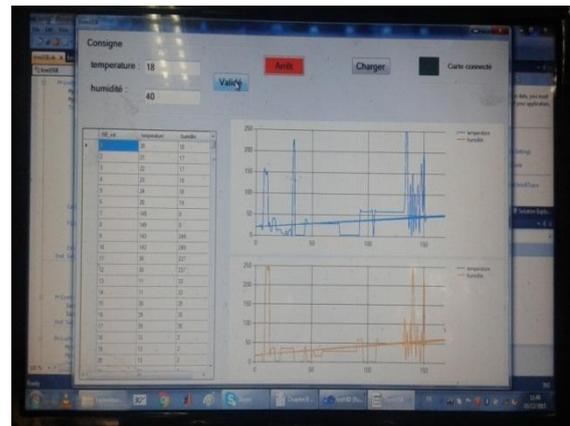


Fig.14 Interface des données en temps réel sur VB

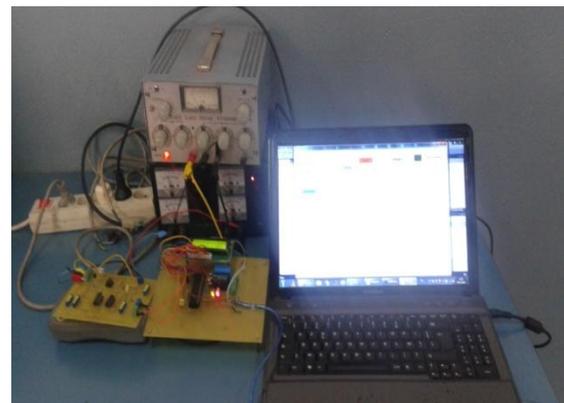


Fig.15 Ensemble du système d'acquisition et de régulation de la température et de l'humidité géré par ordinateur.

## VI. CONCLUSION

Dans le but d'un contrôle climatique à l'intérieur de la serre, des capteurs de température et d'humidité avec leur conditionneurs ont été considérés et une carte électronique gérée par un PIC 18F4550 a été réalisée. Pour assurer une bonne gestion des différents facteurs climatiques au cours de la production un programme de gestion, de traitement et d'affichage des données en temps réel a été également développé. Les différentes étapes de la réalisation expérimentales ont été bien illustrées dans ce papier.

## REFERENCES

- [1] B. BOUCHIKHI, A. ED-DAHAK, A. LACHHAB, AND L. EZZINE, Automatic control of the climate and the drip fertirrigation under greenhouse, 1ere Salon International de l'Agriculture au Maroc-Meknès, Les 26-27 Avril (2006).
- [2] M. GUERBAOUI, Y. EL AFOU, A. ED-DAHAK, A. LACHHAB, B. BOUCHIKHI. Pc- based automated drip irrigation system. International Journal of Engineering Science 5(1), 221-225 (2013).
- [3] M. GUERBAOUI, A. ED-DAHAK, Y. EL AFOU, A. LACHHAB, L. BELKOURA, AND B. BOUCHIKHI. Implementation of fuzzy controller in greenhouse based on labview. International Journal of Electrical and Electronics engineering Studies 1 (1), 1-13 (2013).
- [4] J. M. Aaslyng, N. Ehler and L. Jakobsen, Climate control software integration with greenhouse, Environmental Control computer environmental Modelling & Software (2015) 521-527.
- [5] T. Boulard, J. F. Meneses, M. Mermier, G. Papadakis, The mechanisms Involved in the natural ventilation of greenhouses, Agricultural and forest meteorology (1996) 61-77.
- [6] T. Boulard, B. Draoui, Natural ventilation of greenhouse with continuous roof vents measurement and data analysis, Journal of Agricultural engineering research (1995) 27-36.
- [7] C. Boaventura, C. Couto, A. E. Ruano, Real -time parameter estimation of dynamic temperature models for greenhouse environmental control, Elsevier (1997) 1473-1481.
- [8] [www.abcelectronique.com](http://www.abcelectronique.com)
- [9] G. Asch et coll. « les capteurs en instrumentation industrielle » Dunod, Paris 1998.
- [10] A. ED-DAHAK, A. LACHHAB, L.EZZINE, AND B. BOUCHIKHI. Performance evaluation of a developing greenhouse climate control with a computer system. AMSE, Journal Modeling C68 (1), 53-64 (2007).
- [11] [www.rakeshmondal.info/pic18f4550-microcontroller](http://www.rakeshmondal.info/pic18f4550-microcontroller).