



**UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
DE SOAVINANDRIANA -ITASY**



PARCOURS : Energie Renouvelable

MEMOIRE

**Pour l'obtention du diplôme de
Licence d'Ingénierie en Energies Renouvelables**

intitulé

**REALISATION D'UN REGULATEUR DE DECHARGE.
ETUDE DE SECHAGE DE FRUIT : PAPAYE CONTROLE
PAR UN MICROCONTROLEUR ARDUINO**

Présentée par

RASOLOFONARINDRA Jean Michaël

devant la commission d'examen composée de :

Président : Mme RAVAOMANARIVO Harimisa Maître de Conférence

Rapporteur : M. ANDRIANAIVOARIVELO Jaolalaina Maître Assistant

Examineur : M. RAKOTOMALALA Minoson Professeur Titulaire

LTTC

Laboratoire de Thermodynamique, Thermique et Combustion

23 Février 2018



**UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
DE SOAVINANDRIANA -ITASY**



PARCOURS : Energie Renouvelable

MEMOIRE

**Pour l'obtention du diplôme de
Licence d'Ingénierie en Energies Renouvelables
intitulé**

**REALISATION D'UN REGULATEUR DE DECHARGE.
ETUDE DE SECHAGE DE FRUIT : PAPAYE CONTROLE
PAR UN MICROCONTROLEUR ARDUINO**

Présentée par

RASOLOFONARINDRA Jean Michaël



devant la commission d'examen composée de :

Président :	Mme RAVAOMANARIVO Harimisa	Maître de Conférence
Rapporteur :	M. ANDRIANAIVOARIVELO Jaolalaina	Maître Assistant
Examineur :	M. RAKOTOMALALA Minoson	Professeur Titulaire

LTTC

Laboratoire de Thermodynamique, Thermique et Combustion

23 Février 2018

REMERCIEMENTS

A travers ce mémoire de fin d'étude, je tiens à adresser mes profonds remerciements et reconnaissances à :

A Monsieur RAKOTOMAHEVITRA Andrianelson, Professeur Titulaire, Directeur de l'Institut d'Enseignement Supérieur de Soavinandrinaltasy et Responsable de la Mention Licence d'Ingénierie en Énergies Renouvelables (LIER), pour m'avoir permis de m'inscrire en tant qu'étudiant au sein de ladite Mention parcours.

A Monsieur ANDRIANAIVOARIVELO Jaolalaina, mon encadreur pédagogique, pour ses précieux aides et conseils grâce auxquels j'ai pu réaliser et mener à terme ce mémoire.

A Madame RANDRIAMANANTANY Zely Arivelo, Professeur Titulaire à l'Université d'Antananarivo pour avoir accepté de présider l'examen de mon mémoire.

A Monsieur RAKOTOMALALA Minoson Sendrahasina, Professeur Titulaire à l'Université d'Antananarivo, d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.

A Monsieur RASAMIMANANA François de Salle, Maître de conférences à l'Université d'Antananarivo et Représentant du Laboratoire de Thermodynamique, Thermique et Combustion (LTTC) de la Mention Physique et Applications et MANDIMBY Junior Zoé Jean Tigana pour leurs conseils et aides dans la réalisation de ce mémoire

Nous exprimons nos sincères remerciements à tous les Membres de l'Équipe pédagogique qu'ont participé à notre formation durant nos années universitaires.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les membres de ma famille et à mes proches qui m'ont soutenue matériellement et moralement pendant les périodes difficiles. Je suis très reconnaissant envers leur compréhension.

Enfin, mes reconnaissances vont aux endroits de ceux qui ont, de loin et de près, participé à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	<i>i</i>
TABLE DES MATIERES	<i>ii</i>
NOMENCLATURE	<i>iv</i>
LISTE D'ABREVIATION	<i>v</i>
LTTC <i>Laboratoire de Thermodynamique, Thermique et Combustion</i>	<i>v</i>
PV <i>Panneau Photovoltaïque</i>	<i>v</i>
LISTE DES FIGURES	<i>vi</i>
LISTE DES TABLEAUX	<i>vii</i>
INTRODUCTION	<i>1</i>
Chapitre I. Régulateur de charge et de décharge sur un panneau photovoltaïque	<i>2</i>
I.1.présentation du LTTC ou Laboratoire de Thermodynamique, Thermique et Combustion	<i>2</i>
I.1.1 .Domaine Sciences et Technologies	<i>2</i>
I.1.2 Laboratoire de Thermodynamique Thermique et Combustion	<i>2</i>
I.2.Généralités sur les régulateurs.	<i>2</i>
I.3.Régulateur de décharge profonde avec coupure électromécanique	<i>4</i>
I.3.1 .Schéma de circuit	<i>4</i>
I.3.2 Etude du fonctionnement	<i>5</i>
I.3.3 .Schéma du circuit de fonctionnement sur proteus	<i>5</i>
I.3.4 .Comparateur à hystérésis inverseur	<i>6</i>
I.3.5 .Choix des composants	<i>8</i>
I.3.6 .Calcul des résistances [5]	<i>8</i>
Chapitre II. Généralités et étude bibliographique des séchages solaires	<i>10</i>
II.1. Historique du séchage solaire.	<i>10</i>
II.2. Définition de séchage solaire	<i>10</i>
II.3. Intérêts du séchage.	<i>11</i>
II.4. Théorie de séchage. [1]	<i>11</i>
II.5. Les différents mode de séchage [1]	<i>13</i>
II.6. Différentes type du séchage solaire.	<i>14</i>
II.7. Tableau des différents types de séchoirs.	<i>15</i>
Chapitre III. Principes et fonctionnement du séchoir solaire de la papaye	<i>17</i>
III.1. Principe du séchage de la papaye	<i>17</i>
III.2. Méthode et composants utilisés.	<i>17</i>
III.2.1 .Présentation et méthode du séchoir du fruit.	<i>17</i>
III.2.2 .Matériels utilisés	<i>18</i>
Chapitre IV. Résultats et discussion	<i>25</i>

IV.1. Les résultats obtenus	25
IV.2. .Interprétation	26
IV.3. .Avantages et inconvénients du séchoir solaire de la papaye	26
Conclusion	28
REFERENCES	I
ANNEXE 1	I
ANNEXE 2	II

NOMENCLATURE

Nom de variable	Définition	Grandeur physique
A_w	Activité de l'eau	[%]
C	Condensateur	[F]
i_a	Enthalpie de l'air ambiant	[kJ/kg]
i_1	Enthalpie de l'air sortie capteur	[kJ/kg]
L_v	Chaleur totale de vaporisation de l'air	[J.Kg ⁻¹ .K ⁻¹]
mcf	Degré d'humidité (teneur en eau) finale	[%]
mci	Degré d'humidité (teneur en eau) initiale	[%]
R	Résistance	[Ω]
RCE	Rapport de consommation énergétique	
R_s	Rapport de séchage	
X	Teneur en eau	[%]
X_2	Humidité absolue de l'air en sortie séchoir	[%]
X_a	Humidité absolue de l'air ambiant	[%]
X_f	Teneur en eau finale en base humide	[%]
X_{h_2}	Humidité absolue de l'air à saturation	[%]
X_i	Teneur en eau initiale en base sèche	[%]
η_m	Rendement massique	[%]

LISTE D'ABREVIATION

LTTC	Laboratoire de Thermodynamique, Thermique et Combustion
PV	Panneau Photovoltaïque

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Eléments d'un système PV.....	3
Figure 2:Schéma synoptique d'un régulateur de décharge profonde [6].....	4
Figure 3:Circuit imprimé du régulateur de décharge.....	5
Figure 4:Schéma Comparateur à hystérésis.....	6
Figure 5:Courbe caractéristique d'un comparateur hystérésis.....	6
Figure 6:Image 3D des composants sur le circuit imprimé.....	9
Figure 7:montage du régulateur de décharge.....	9
Figure 8:Présentation du séchoir pour fruits.....	17
Figure 9:Papayes.....	18
Figure 10:Différentes étapes du séchage de la papaye.....	20
Figure 11:Carte arduino uno.....	21
Figure 12:Constitution de la carte arduino uno.....	22
Figure 13:Sonde PT100.....	23
Figure 14:Capteur d'humidité.....	24
Figure 15:Courbe de l'évolution des températures de séchage de la papaye.....	26

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Présentation des différents types des séchoirs solaires	16
Tableau 2:Valeurs nutritives de la papaye	19
Tableau 3 : Valeurs des températures mesurées	25

INTRODUCTION

Au cours de ce travail, le stage s'est focalisé sur un régulateur dans LTTC (Laboratoire thermodynamique thermique et de combustion) au Département de Physique à l'Université d'Antananarivo. Ce régulateur coupe le courant vers la batterie si sa tension descend au-delà d'une certaine valeur.

Concernant notre travail personnel, le séchage est l'une des méthodes courantes de conservation de la plupart des produits agroalimentaires par diminution de leur teneur en eau. La technique la plus utilisée surtout dans les pays en voie de développement est le séchage traditionnel qui consiste à mettre directement les produits sous les rayons du soleil et à l'air libre. Cette méthode est toutefois une technique ancestrale qui possède beaucoup d'inconvénients. Ceux-ci sont notamment l'exposition des produits aux poussières, et ils peuvent être facilement à la portée des animaux de la basse cours.

Dès la fin de la récolte, les fruits sont soumis à des altérations de plusieurs types : altération microbiennes (moisissures, levures et bactérie) : ces microbes nécessitent de l'eau disponible dans le produits pour se développer dégradant les produits ; ensuite le brunissement enzymatique : réaction d'oxydation qui n'est pas due à microbes mais à l'action d'enzyme.

Cette étude se porte sur un système de séchage solaire direct pour améliorer les qualités des fruits secs comme la papaye éviter. Vue que la pratique du séchage des fruits est très répandue dans la région d'Itasy.

Le but de ce travail personnel est de réaliser un séchoir solaire pour fruit : sécher les produits dans un temps minimum sans perdre leurs qualités puis effectuer des mesures expérimentales avec les instruments en notre possession.

Pour ce faire, nous avons subdivisé ce travail en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, la conception du régulateur de décharge profonde avec coupure électromécanique des panneaux solaires, ensuite nous allons voir la généralité et étude bibliographique des séchages solaires, maintenant nous allons étudier les principes et fonctionnement du séchoir solaire pour le séchage de la papaye et enfin nous terminons ce chapitre sur les résultats et discussions.

Chapitre I. Régulateur de charge et de décharge sur un panneau photovoltaïque

I.1.présentation du LTTC ou Laboratoire de Thermodynamique, Thermique et Combustion

Ce travail a été réalisé dans le Laboratoire de Thermodynamique, Thermique et Combustion (LTTC) de la Mention Physique et Applications du Domaine Sciences et Technologies de l'Université d'Antananarivo où nous avons fait notre stage de fin d'étude en partenariat avec le Laboratoire d'Energétique de l'Institut pour la Maîtrise de l'Énergie (IME) de l'Université d'Antananarivo.

I.1.1 .Domaine Sciences et Technologies

Le domaine Sciences et technologies est l'un de sept (07) établissements de l'Université d'Antananarivo. Au niveau de ce domaine, il existe les différentes mentions suivants : les Physique et Applications, Mathématique et Informatique, Chimie, Sciences de la Vie et Sciences de la terre.

Au niveau de chaque Mention, on observe différents Parcours et Laboratoires.

I.1.2 Laboratoire de Thermodynamique Thermique et Combustion

Le Laboratoire Thermodynamique Thermique et Combustion (LTTC) est l'un des sept (07) laboratoires de la Mentions Physique et Applications du Domaine Sciences et Technologies de l'Université d'Antananarivo. Différentes activités de recherche y sont effectuées mais de manière générale, ledit laboratoire permet aux étudiants et aux chercheurs de réaliser leurs projets de fin d'étude et de développer leurs travaux de recherche. Ce laboratoire est placé sous la responsabilité par Madame RANDRIAMANANTANY Zely Arivelo, Professeur Titulaire à l'Université d'Antananarivo.

I.2.Généralités sur les régulateurs.

Un régulateur est un dispositif capable de garder une grandeur physique à une valeur la plus proche possible de la valeur désirée. Tout système à régler possède un régulateur, qu'il soit analogie ou numérique. En général, le régulateur est un système électronique auquel sont reliés le panneau solaire et la batterie et les éléments destinataires de l'électricité solaire. Il détecte la décharge profonde et la surcharge de batterie. Il y a deux types de régulateur : le régulateur de charge en série par semi-conducteur et le régulateur de décharge utilisé avec la disjonction électromagnétique.

Dans ce travail, l'étude est basée sur le régulateur de décharge profonde avec coupure électromécanique

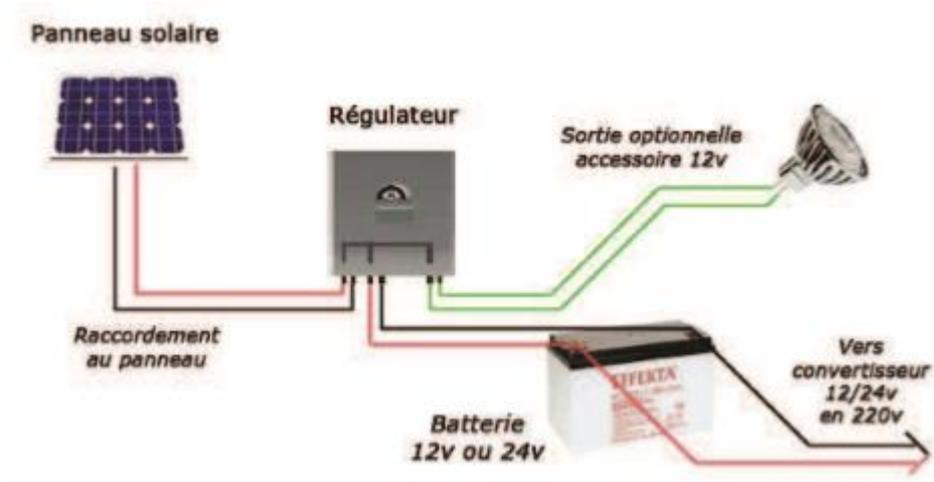


Figure 1:Eléments d'un système PV

Source : Régulateur de la charge d'une batterie sur panneau solaire [7]

Définition

La régulation regroupe l'ensemble des techniques utilisées pour maintenir la grandeur réglée à sa valeur de consigne, en tenant compte des perturbations et en agissant sur une autre grandeur physique, appelée grandeur réglante.

I.3.Régulateur de décharge profonde avec coupure électromécanique

I.3.1 .Schéma de circuit

La figure montre le régulateur de décharge profonde

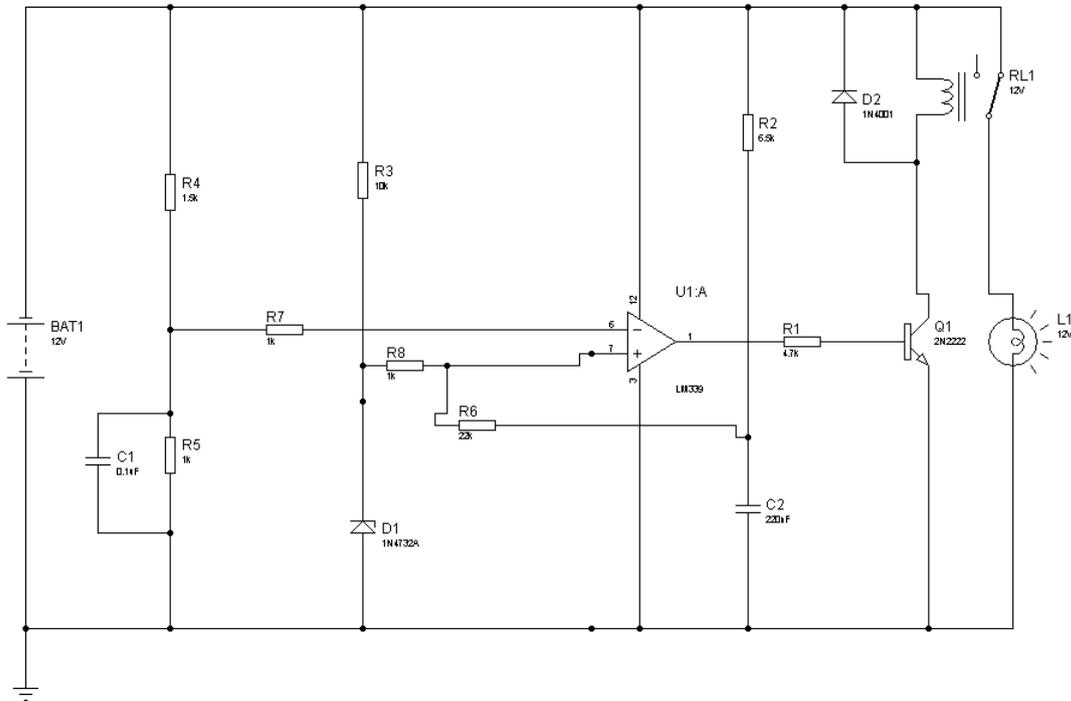


Figure 2:Schéma synoptique d'un régulateur de décharge profonde [6]

Rôle de chaque des éléments

.Le rôle d'un transistor 2N2222 déclenche le courant de collecteur et puis il faut quasiment toujours une résistance série pour limiter le courant.

.Le LM339 est un circuit comparateur, il fixe la tension sur une des entrées et la sortie ne change d'état que si la tension appliquée sur l'autre entrée est supérieure à la tension de référence.

.Un relais électronique est un interrupteur qui se commande avec une tension continue de faible puissance. La partie interrupteur sert à piloter des charges secteur de forte puissance (jusqu'à 10A couramment).

.Résistance : elle limite le courant dans un montage, elle diminue la tension, elle polarise l'entrée d'un circuit intégré.

.Un condensateur a pour but d'emmagasiner une petite quantité d'électricité et de la restituer au moment voulu.

.Diode Zéner 1N4732A : Tension de référence, Régulation de tension, Protection surtension et qui permet de produire une tension constante.

.Diode 1N4001 : Redressement, Protection inversion, Fonctions logiques, Seuil de tension

I.3.2 Etude du fonctionnement

Le régulateur de décharge profonde est réalisé à une particularité : la coupure de la tension vers l'utilisateur quand la tension de la batterie diminue à 11,4V. Le retour à la fermeture est retardé afin que la batterie atteigne l'état de fonctionnement normal (tension à 12,6V).

I.3.3 .Schéma du circuit de fonctionnement sur proteus

On va faire le schéma du circuit électronique et l'esquisse de l'impression imprimée à l'aide d'un proteus. Ce schéma ci-dessous est obtenu à partir de logiciel électronique appelé « TRAX MEKER ».

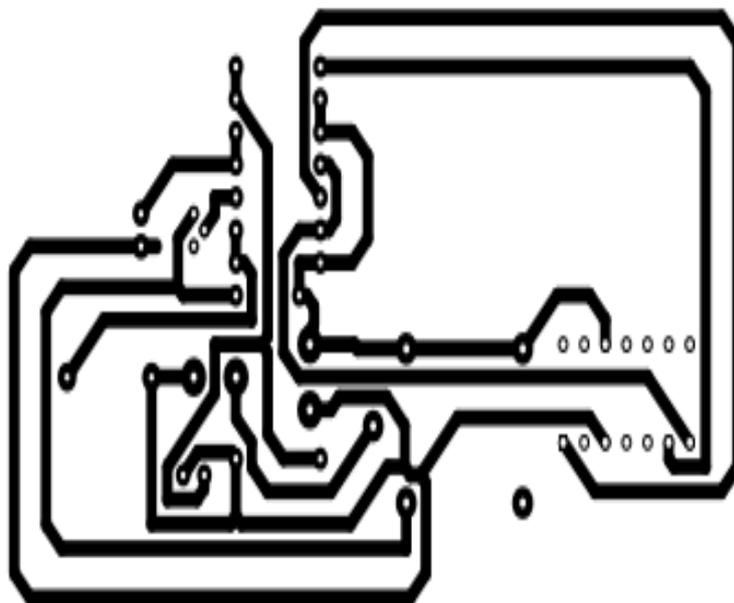


Figure 3:Circuit imprimé du régulateur de décharge

I.3.4 .Comparateur à hystérésis inverseur

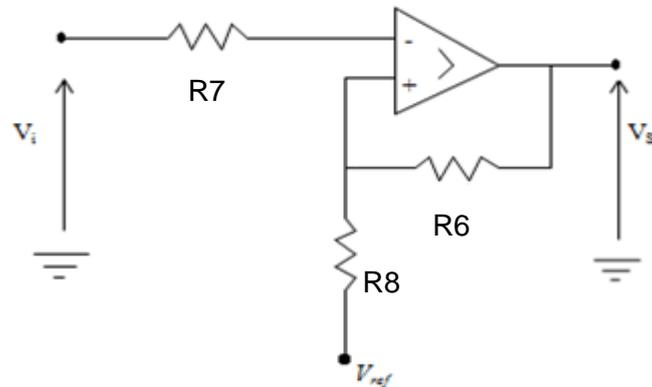


Figure 4:Schéma Comparateur à hystérésis

Avec :

V_i : tension d'entrer

V_s : tension de sortie

V_{ref} : tension de référence

Caractéristique d'entrée et de sortie :

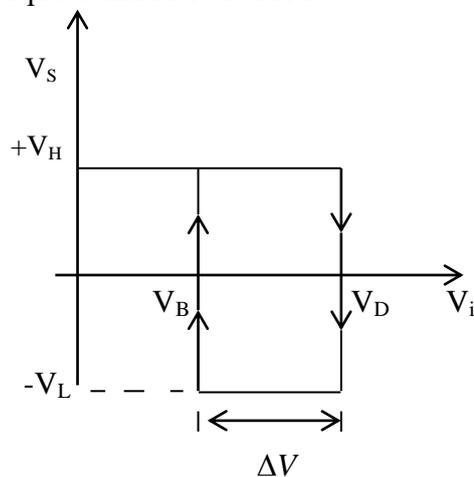


Figure 5:Courbe caractéristique d'un comparateur hystérésis

Lorsque le champ de polarisation est ramené à zéro, le matériau reste dans un état d'équilibre stable, d'énergie non-minimale : l'aimantation permanente à polarisation nulle est appelée aimantation rémanente ΔH . Les domaines nécessitent l'apport d'une énergie supplémentaire pour revenir dans leur état initial. Cette énergie correspond aux champs coercitifs des matériaux V_H et V_L . L'état magnétique du matériau dépend de sa polarisation et de ses états

magnétiques antérieurs. Ce phénomène est à l'origine du cycle d'hystérésis (figure 5) décrivant la polarisation des matériaux ferromagnétiques.

On voit les seuils du comparateur à hystérésis :

$$\bullet V_H = +V_{sat}$$

$$\bullet V_L = -V_{sat}$$

On donne les formules pour calculer les tensions de deux seuils :

$$V_D = \frac{V_{sat} + V_{ref}R_6}{R_8 + R_6} \quad (10)$$

$$V_B = \frac{-V_{sat}R_8 + V_{ref}R_6}{R_8 + R_6} \quad (11)$$

$$\Delta V = (V_H - V_L) \frac{R_8}{R_8 + R_6} \quad (12)$$

$$R_7 = \frac{R_8 R_6}{R_8 + R_6}$$

ΔV s'appelle « l'effet hystérésis », il présente l'écart entre les deux seuils de comparaison.

La sortie du comparateur passe par un niveau haut lorsque V_2^- est inférieure à V_B et reste dans cet état tant que V_2^- ne dépasse pas $V_B + \Delta V$. Alors, nous allons commencer les deux cas suivants :

- **En absence de régulation**

La tension $V_B > V_{lim}$. Dans ce cas, $V_2^- > V_D$ alors la sortie $V_{S2} = 0$ et $I_B = 0$

⇒ Le transistor Q1 est bloqué ; alors le relais reste à l'état initial donc le contact reste fermé. La batterie est alors chargée sous le courant du panneau solaire I_{ph} qui correspond à l'ensoleillement.

- **En régulation**

La tension $V_B < V_{lim}$, dans ce cas $V_2^- < V_D$ d'où la sortie $V_{S2} \neq 0$ ($V_{S2} = +V_H$).

⇒ Le transistor Q1 est saturé ; alors le relais est alimenté et coupe le courant vers le consommateur.

Pour revenir le relais à l'état initial, il faut que la tension limite change en « $V_{lim} + \Delta V$ ».

I.3.5 .Choix des composants

Nous avons utilisé un transistor Q1 (2N2222), un comparateur LM339 et une diode Zener 1N4732.

I.3.6 .Calcul des résistances [5]

R_5 : la valeur reste de $R_5 = 1k\Omega$ afin de calculer la valeur de R_4 .

Pour que $V_{ref(1N4732)} = 4,7V$.

Pour appliquer la formule de diviseur de tension :

$$V_2^- = V_{lim(décharge)} \frac{R_5}{R_5 + R_4}$$

Or $V_2^- \geq V_{lim(décharge)}$ avec $V_{lim(décharge)} = 4,7V$

En déduire que : $R_4 \geq R_5 \left(\frac{V_{lim(décharge)}}{V_{ref(1N4732)}} - 1 \right)$ donc $R_4 \geq \left(\frac{11,4}{4,7} - 1 \right)$

Alors $R_4 = 1.5 k\Omega$

On calcule la valeur d'hystérésis H, dans ce cas, $V_{lim1} = 11,4V$ et $V_{lim2} = 12,6V$ ainsi, montrer la valeur de V_2^- et ensuite les valeurs des R_7 , R_8 et R_6

$$\text{On a : } V_{21}^- = 11,4 \frac{1}{1+1,5} \Rightarrow V_{21}^- = 4,56V$$

$$\text{Et } V_{22}^- = 12,6 \frac{1}{1+1,5} \Rightarrow V_{22}^- = 5,04V$$

$$\text{Alors } H = V_{22}^- - V_{21}^- \Rightarrow H = 0,48V$$

Si $\Delta V = H \Rightarrow V_H = + V_{sat} = 11,4V$ et $V_L = -V_{sat} \approx 0$

Nous pouvons déduire alors que : $R_6 = R_8 \left[\frac{+V_{sat}}{H} - 1 \right]$ d'où $R_8 = 1k\Omega$

$$R_6 = \left[\frac{11,4}{0,48} - 1 \right] \text{ d'où } R_6 = 22 k\Omega \text{ et } R_7 = \left[\frac{1*47}{1+47} \right] \text{ d'où } R_7 = 1k\Omega$$

$R_3 = 10 k\Omega$

$R_2 = 22 \text{ k}\Omega$

$R_1 = 22 \text{ k}\Omega$

Fabrication

D'après la teste du proteus, le schéma ci-dessous présente la réalisation du régulateur de décharge

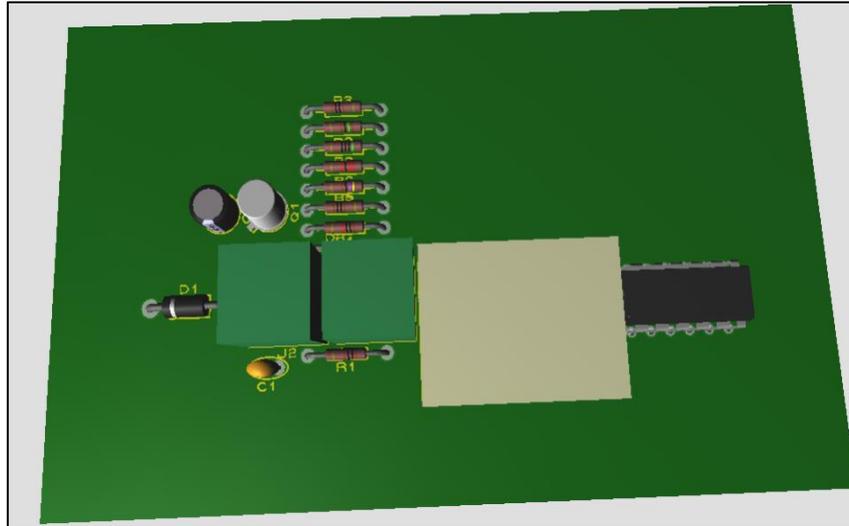


Figure 6: Image 3D des composants sur le circuit imprimé

Dans le système photovoltaïque, le régulateur de décharge joue un rôle pour protéger la décharge profonde avec coupure électromécanique de la batterie c'est-à-dire que la tension de la batterie diminue à 11.4V alors il coupe le courant vers l'utilisateur.

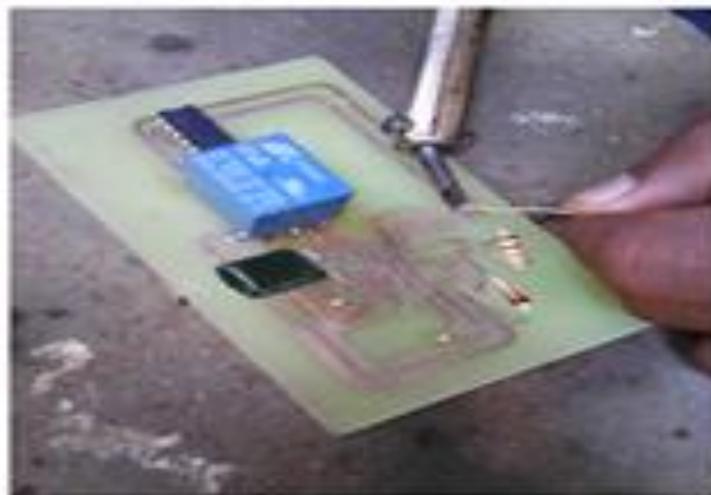


Figure 7: montage du régulateur de décharge

Chapitre II. Généralités et étude bibliographique des séchages solaires

II.1. Historique du séchage solaire.

Aux 15^e et 16^e siècles, les explorateurs se sont aussi servis d'aliments séchés pour leurs longs voyages.

Le séchage solaire, considéré comme l'ancêtre des méthodes de conservation des produits alimentaires, a toujours été utilisé dans nos sociétés traditionnelles. Les produits agricoles, les feuilles, légumes et produits de cueillette sont séchés même au niveau du sol ou sur les toits des maisons.

Ainsi, nos ancêtres avaient compris certainement par simple constat, qu'un produit frais contenait une certaine quantité d'eau qui au fil du temps, devient favorable au développement des bactéries, vecteurs de la putréfaction et qu'il fallait éliminer en procédant à son séchage naturel.

Le séchage a donc pour effet d'alléger le produit permettant ainsi une grande capacité de stockage. Mais il provoque également des modifications d'aspect, de goût, de texture et de qualité nutritionnelle, etc...

Un bon séchage doit pouvoir faire conserver au maximum au produit ses qualités initiales (goût, saveur, couleur, etc...). [1]

II.2. Définition de séchage solaire

Le séchage indique la séparation de l'humidité des matières solides, des gaz et des liquides. C'est une opération de séparation thermique qui consiste enlever tout ou une partie d'un liquide imprégnant un corps dit « humide » par vaporisation de solvant. Le résultat final est un solide qualifié de « sec » même s'il comporte une humidité résiduelle. Le séchoir solaire est un phénomène physique utilisant le rayonnement solaire pour sécher les fruits disposés suivant une indication bien déterminée. Un séchoir solaire permet comme le déshydrateur de sécher les fruits. Le séchoir solaire sert seulement à chauffer l'air à l'intérieur de celui-ci afin de déshydrater les fruits

II.3. Intérêts du séchage.

Le séchage a pour intérêt :

- d'alléger le produit
- de faciliter surtout sa conservation par diminution de l'activité de l'eau.

Mais au contraire, ses inconvénients majeurs sont modifiés de forme, sa texture, son goût, perte de vitamine et des oligo-éléments

II.4. Théorie de séchage. [1]

Il existe plusieurs facteurs naturels pour faire évaporer l'eau contenue dans un produit frais en vue de leur conservation. Les facteurs qui déterminent le séchage sont :

- le rayonnement solaire
- la température de l'air
- l'humidité de l'air
- la vitesse du vent
- les caractéristiques du vent
- les caractéristiques du produit.

La grandeur physique pour mesurer la qualité de nature du produit est appelée : l'activité de l'eau : A_w . C'est le rapport entre la pression de vapeur d'eau de produit et la pression de vapeur d'eau pure à la même température.

$$A_w = \frac{\text{Pression partielle de l'eau du produit}}{\text{Pression de la vapeur d'eau pure à la même température}} \quad (1)$$

A_w est comprise entre 0 et 1 d'où : $A_w = 0$, le produit totalement sec

$A_w = 1$, eau libre en surface du produit

Les microbiologistes montre pour que :

- $A_w < 0.8$ les bactéries ne se développent qu'exceptionnellement mais ne sont pas détruites par la déshydratation.

- D'une manière générale, A_w est comprise entre 0.25 et 0.35 donc l'activité optimale du produit est sans additifs.

Quelques formules du séchage [1]

Degré d'humidité (ou teneur en eau) initiale du produit en base humide : m_{ci} (%)

$$m_{ci} = \frac{\text{Poids d'eau initiale} \times 100}{\text{Poids de matière humide initiale}} \quad (2)$$

Degré d'humidité final du produit en base humide : m_{cf} (%)

$$m_{cf} = \frac{\text{Poids d'eau final} \times 100}{\text{Poids de matière humide finale}} \quad (3)$$

Teneur en eau en base sèche X_i et X_f (%)

$$X_i = \frac{\text{Poids d'eau initiale} \times 100}{\text{Poids de matière sèche}} \quad (4)$$

$$X_f = \frac{\text{Poids d'eau finale} \times 100}{\text{Poids des matière sèche}} \quad (5)$$

Les relations entre les deux grandeurs

$$X = \frac{m_c \cdot 100}{1 - m_c} \quad \text{et} \quad m_c = \frac{X \cdot 100}{1 + X} \quad (6)$$

Le rapport de séchage

$$R_s = \frac{\text{masse initiale du produit à sécher}}{\text{masse finale du produit à sécher}} \quad (7)$$

La vitesse du séchage dépend de l'humidité du produit et du rayonnement solaire.

Rendement relatif au séchage

$$\text{- rendement massique : } \eta_m = \frac{X_2 - X_a}{X_h - X_a} \quad (8)$$

Où ;

- X_2 : humidité absolue en sortie de séchoir

- X_a : humidité absolue ambiante
- X_{h_2} : humidité absolue de l'air s'il saturé à la sortie de séchoir.

Rapport de consommateur énergétique : RCE

$$RCE = \frac{i_1 - i_a}{(X_1 - X_a) L_v} \quad (9)$$

Avec

- i_1 : enthalpie de l'air sortie capteur
- i_a : enthalpie de l'air ambiant
- L_v : chaleur totale de vaporisation de l'air

II.5. Les différents mode de séchage [1]

On distingue les modes de séchage suivants :

- **Le séchage par convection** : on utilise un courant gazeux chaud par convection au produit ;
- **Le séchage par conduction** : contact direct avec une surface chaude (ex : le séchage des pâtes à papier) ;
- **Le séchage par infra-rouge** : un rayonnement de chaleur par infra-rouge est envoyé au produit (ex : le séchage des peintures) ;
- **Le séchage par micro-ondes** : il consiste à soumettre le produit à un rayonnement d'ondes (ex : le séchage des produits pharmaceutiques) ;
- **Le séchage solaire** : utilisation d'énergie solaire pour sécher le produit (ex : séchage des fruits)
- **Le séchage par sublimation** : il consiste à sublimer l'eau d'un produit préalablement congelé (ex : le cacao en poudre est un produit lyophilisé).

II.6. Différentes type du séchage solaire.

II.6.1.Les séchoirs naturels

C'est l'utilisation directe du soleil et l'air, dont l'action n'est ni essentiellement favorisée, ni contrôlée. Le résultat est partagé sur des claies ou des nattes, dans des cribs, ou disposé même le sol. L'orientation des cribs sont perpendiculaire au vent dominant. En général, le type de séchoir est traditionnel dans les associations paysannes, pour répondre au problème de la conservation temporaire du produit en attendant la vente ou la consommation. Dans le séchoir naturel, il y a plusieurs inconvénients : pertes de produit mal sèches, destruction de vitamines A et C par l'exposition directe au soleil, dégradation par les intempéries et les nuisible (insectes, rats, poussière), l'impossibilité d'obtenir un degré d'humidité précis et une longue durée de séchage.

II.6.2.Les séchoirs solaires directs.

On utilise des outils simples et rustiques comme des vitres appelé « serre ». Les produits sont à l'abris des poussières mais le séchage n'est pas contrôlé. En général, la construction du séchoir est constituée des éléments suivants :

- un cadre, boîte, en bois ou métal
- une couverture transparente en verre
- un absorbeur en métal
- un système d'isolation et de ventilateur pour chauffer l'air à l'intérieur.

Le séchoir solaire directe est rapide, facile à conserver et à fabriquer.

Pour la construction de ces séchoirs, on dispose d'une gamme variée de possibilités. Les matériaux et techniques employés doivent être compatibles avec l'air chaud et humide et les produits à sécher. S'il s'agit d'améliorer des procédés traditionnels, ceux-ci fourniront une base de solutions classiques et adaptées. Ces appareils conviennent bien à une production artisanale, dispersée et diversifiée. Leur productivité est assez faible, de l'ordre de 5 à 10 kg de produits frais par mètre carré de claies. Les durées d'exposition, selon les conditions météorologiques locales et les produits à traiter, varient entre quelques heures et trois à quatre jours. Les botes de séchage sont de petites unités, transportables, destinées le plus souvent à la cellule familiale pour la conservation de ses produits. Des surchauffes peuvent y apparaître

du fait de leur faible volume et du faible débit d'air qui les traverse en convection naturelle. Les séchoirs « serres » sont une version à grande échelle des bottes de séchage ; leur utilisation est à envisager lorsqu'il faut sécher une grande quantité de produits frais. Pour être efficaces, les surfaces de séchage doivent être limitées à quelques mètres carrés.

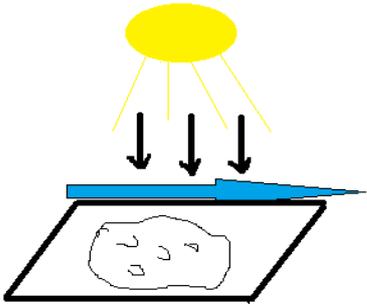
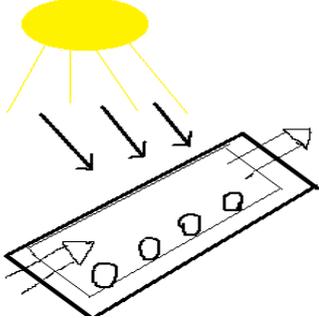
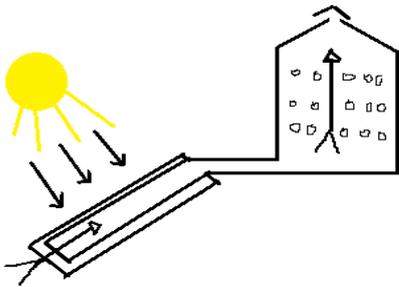
II.6.3. Les séchoirs solaires indirects

C'est la contraire du séchoir solaire directe, le rayonnement solaire est indirect pour sécher les produits. Ils sont commandés sur des claies à l'intérieur ou d'un local en rapport avec le taille des quantités à sécher. L'air neuf est admis dans l'enceinte de séchage après passage dans des capteurs à air ou autre préchauffer qui le réchauffement du débit utilisé.

II.7. Tableau des différents types de séchoirs.

Le tableau 1 montre la comparaison du type du séchoir solaire. L'air se déplace sur le produit mécanique (ventilateur) mais généralement, au tirage naturel est possible de faire avec une cheminée solaire éventuel. Dans la construction, ce type d'outil est souvent plus compliqué et plus coûteux que le séchoir direct. La durée de séchage est très variable et peut être supérieure à celle du séchage naturel. Pendant le séchage, il faut souvent prévoir de faire une ou plusieurs rotations des claies car dans beaucoup de modèles les produits placés dans le haut du séchoir sèchent moins vite que ceux placés en bas.

Tableau 1:Présentation des différents types des séchoirs solaires

Schéma de fonctionnement	Types de séchage	Caractéristiques
	Séchage naturel ou au soleil	<ul style="list-style-type: none"> - très faible coût - travail important - perte de produit
	Séchage solaire direct	<ul style="list-style-type: none"> - produit protégé - séchage rapide - une certaine dégradation du produit
	Séchage solaire indirect	<ul style="list-style-type: none"> - produit parfaitement protégé et non dégradé - séchage assez rapide - coût et complexité plus importants

Chapitre III. Principes et fonctionnement du séchoir solaire de la papaye

III.1. Principe du séchage de la papaye

Dans cette étude, nous allons sécher la papaye à l'aide d'une serre. La papaye est donc soumise à une température environ de 50°C à 60°C. De cette façon, les oligo-éléments et les vitamines présentes dans la papaye seront conservées. Ainsi la qualité de la papaye est plus ou moins conservée

III.2. Méthode et composants utilisés.

III.2.1 .Présentation et méthode du séchoir du fruit.

Notre système de séchoir est constitué de quatre vitres latérales emballées par le papier alu pour absorber le maximum du rayonnement solaire ; tandis qu'à l'intérieur, dans la face bas est peinte en noir de surface de 0,18m² (36cm × 50cm). La face supérieure est inclinée d'un angle de 31°, de hauteur 30cm par rapport à l'horizontal et s'apparente à une serre solaire. Il a une forme de quadrilatère (fig.1). Un ventilateur est appliqué sur l'une des faces de la serre, et à l'opposé nous avons une ouverture pour que l'air saturé d'humidité du produit soit évacué.



Figure 8:Présentation du séchoir pour fruits

III.2.2 .Matériels utilisés

III.2.2.1.Fruit utilisé : papaye



Figure 9: Papayes

Lors de ce travail, nous avons utilisé de la papaye comme fruit à sécher.

- Nom commun : papaye ;
- Nom scientifique : *Carica papaya*
- Famille : Caricacées. (Voir annexe 1)

La papaye séchée est un délice et on peut conserver ce fruit tout au long de l'année.

Il faut savoir que la papaye contient de nombreux éléments nutritifs comme des vitamines, notamment la vitamine A, des protéines, du glucide,...

Le tableau suivant présente les proportions des éléments nutritifs contenus dans 100 g de papaye

Tableau 2: Valeurs nutritives de la papaye

Fruit de papaye mûre	100 g
Eau	90 g
Protéine	0,5 g
Lipide	0,1 g
Glucides	5 à 7 g
Cendre	0,5 g
Calcium	24 mg
Phosphore	22 mg
Fer	0,6 g
Sodium	4 mg
Potassium	230 mg
Equivalent bêta-carotène (Vit. A)	950 µg
Thiamine	0,04 mg
Riboflavine	0,04 mg
Niacine	0,04 mg
Acide ascorbique	70 mg
Vitamine B1	0,03 mg
Vitamine B2	0,03 mg

Source : <http://www.philippineherbalmedicine.org>

III.2.2.2. Préparation et séchage de la papaye

Nous avons coupé tout d'abord la papaye en deux avant d'enlever les pépins. Disposer les morceaux de papaye sur une table. La papaye est ensuite coupée environ d'une épaisseur de 5mm. Les figures 10 ci-dessous montrent les étapes de la réalisation du séchage de la papaye.



Construction du séchoir



Préparation du papaye



Installation des morceaux de papaye dans le séchoir



Montage de l'arduino



Mesure de la température



Morceaux de papaye secs obtenus

Figure 10: Différentes étapes du séchage de la papaye

III.2.2.3.Arduino Uno

Définition.

Une carte Arduino est une petite (5,33 x 6,85 cm) carte électronique équipée d'un micro-contrôleur. Le microcontrôleur permet, à partir d'événements détectés par des capteurs, de programmer et commander des actionneurs ; la carte Arduino est donc une interface programmable. Le module Arduino est un circuit imprimé en matériel libre (plateforme de contrôle) dont les plans de la carte elle-même sont publiés en licence libre dont certains composants de la carte : comme le microcontrôleur et les composants complémentaires qui ne sont pas en licence libre. Un microcontrôleur programmé peut analyser et produire des signaux électriques de manière à effectuer des tâches très diverses.

Arduino est utilisé dans beaucoup d'applications comme l'électrotechnique industrielle et embarquée ; le modélisme, la domotique mais aussi dans des domaines différents comme l'art contemporain et le pilotage d'un robot, commande des moteurs et faire des jeux de lumières, communiquer avec l'ordinateur, commander des appareils mobiles (modélisme). Chaque module d'Arduino possède un régulateur de tension +5 V et un oscillateur à quartz 16 MHz (ou un résonateur céramique dans certains modèles). Pour programmer cette carte, on utilise le logiciel IDE Arduino. [3]



Figure 11:Carte arduino uno

Caractéristique et rôle arduino uno

La carte UNO dispose 6 entrées analogiques (numérotées de 0 à 5), chacune pouvant fournir une mesure d'une résolution de 10 bits (c'est à dire sur 1024 niveaux soit de 0 à 1023) à l'aide de la très utile fonction `analogRead ()` du langage Arduino. Par défaut, ces broches mesurent entre le 0V (valeur 0) et le 5V (valeur 1023), mais il est possible de modifier la référence supérieure de la plage de mesure en utilisant la broche AREF et l'instruction `analogReference ()` du langage Arduino. La carte Arduino UNO intègre un fusible qui protège le port USB de l'ordinateur contre les surcharges en intensité (le port USB est généralement limité à 500mA en intensité).

Bien que la plupart des ordinateurs aient leur propre protection interne, le fusible de la carte fournit une couche supplémentaire de protection. Si plus de 500mA sont appliqués au port USB, le fusible de la carte coupera automatiquement la connexion jusqu'à ce que le court-circuit ou la surcharge soit stoppé. [3]

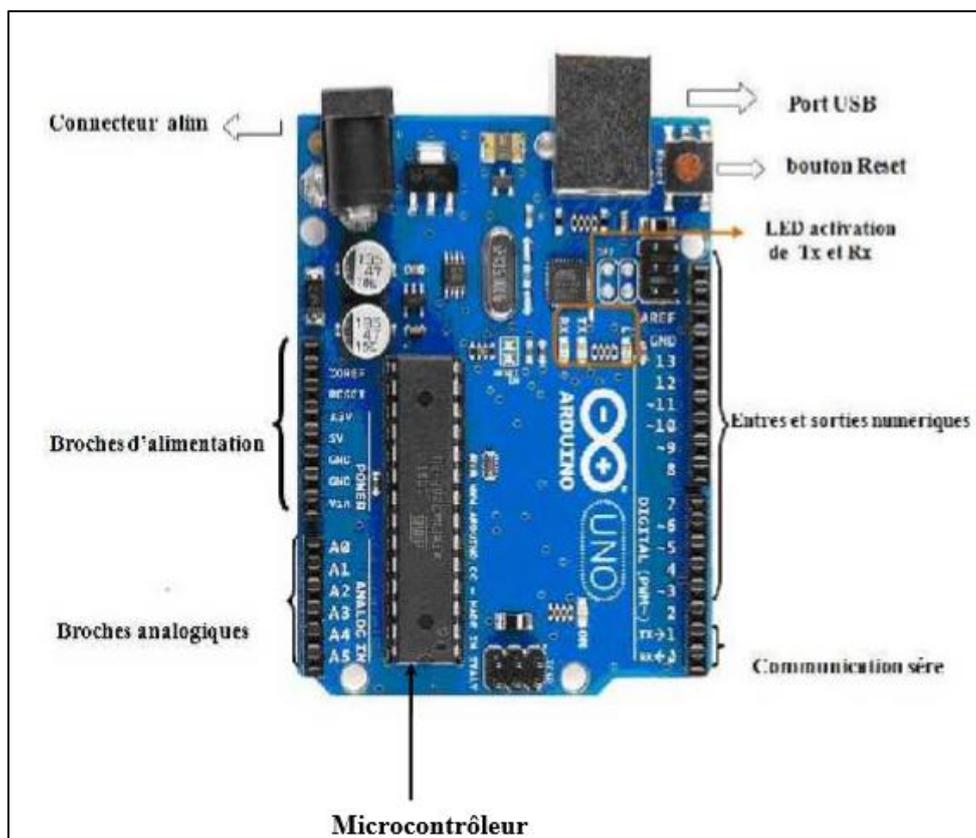


Figure 12: Constitution de la carte arduino uno

Rôle de l'arduino uno dans le séchage de papaye

Pour connaître la température et l'humidité de la papaye, on utilise l'arduino pour transférer la valeur dans l'ordinateur.

III.2.2.4. Capteur de température par SONDE PT100

La sonde Pt 100 est un capteur de température qui est utilisé dans le domaine industriel (agroalimentaire, chimie, raffinerie...). Ce capteur est constitué d'une résistance en Platine. La valeur initiale du Pt100 est de 100 ohms correspondant à une température de 0°C.

Historique de ce principe de mesure

W.Siemens donne l'idée pour utiliser la relation : résistance / température afin de mesurer la température de la câbles télégraphique. [4]

Rôle de sonde PT100

Le pt100 mesure la température à l'intérieur et l'extérieur du séchoir de la papaye



Figure 13: Sonde PT100

III.2.2.5. Capteur d'humidité.

Le capteur d'humidité permet, comme son nom l'indique, de mesurer l'humidité ambiante. Une mesure utile en matière de météorologie, mais aussi dans le secteur de l'habitat. En effet, l'humidité dans une maison peut poser des problèmes. Un air trop humide, ou trop sec, peut être source de désagréments, voire engendrer des risques sanitaires.

Capteurs d'humidité capacitifs et résistifs

Il existe des capteurs d'humidité (ou hygromètres) capacitifs et des sondes d'humidité (ou hygromètres) résistives.

Une sonde capacitive joue sur la sensibilité à l'humidité relative de l'air ambiant de la constante diélectrique de matériaux tels que l'alumine ou l'oxyde d'aluminium ou parfois de polymères. Au cœur du système donc, un condensateur dont la capacité varie en fonction de l'humidité. La sensibilité de ce type d'instrument est de l'ordre de 3 % et sa plage de mesure est large.

Un capteur résistif, quant à lui, joue sur la sensibilité à l'humidité de la résistivité de certains matériaux, le chlorure de lithium par exemple. Ce dernier présente, en effet, une résistance élevée lorsqu'il est sec et une résistance faible lorsqu'il est humide. L'ennui, c'est que ce type de sonde ne fonctionne que sur une plage d'humidité réduite. Attention également aux résistances de matériaux qui peuvent parallèlement varier avec la température.

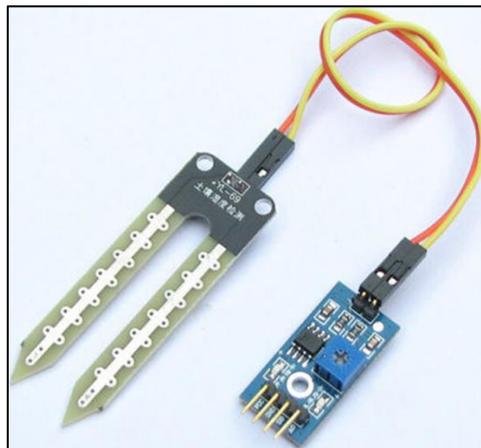


Figure 14: Capteur d'humidité

Le capteur d'humidité est utilisé pour mesurer l'humidité de la papaye initiale et la papaye à l'intérieur du séchoir

III.2.2.6. Ventilateur

On utilise le ventilateur avec chauffer l'air ambiante à l'intérieur du séchoir pour déshydrater l'eau dans les fruits.

Chapitre IV. Résultats et discussion

IV.1. Les résultats obtenus

Nous avons utilisé l'arduino et la sonde pt100 pour mesurer la température à l'intérieure et à l'extérieure du séchoir. Nous avons prélevé les températures tous le 15minute, en commençant 10h du matin le 12 février 2018. Les données obtenues sont présentées sur le tableau 3

Tableau 3 : Valeurs des températures mesurées

Temps (min)	Température extérieure	Température intérieure
0	32,25	32,88
15	31,37	41,5
30	32,56	45,25
45	33,25	47,5
60	34,94	48,5
75	35,44	51
90	35,56	52
105	35,69	53,25
120	35,69	55
135	36	60,25
150	35,95	59,5
165	35,69	60,25
180	35,44	60,5
195	35,06	60,5
210	34,75	60,25
225	33	60,5
240	33	59,5
255	33	59,75
270	31,56	57,25
285	31	54,75
300	29,5	53,5
315	29,5	53,5
330	29,5	49,75
345	28,75	45,6
360	28,75	45,5
375	28,5	40
390	28,5	35
405	28	35

Ainsi nous avons représenté ces données sur la courbe de la figure 3

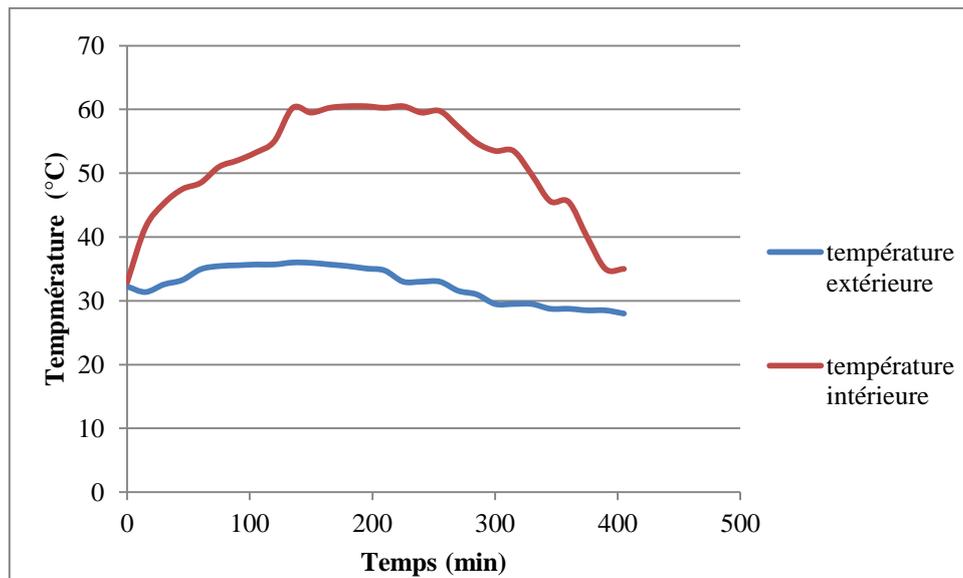


Figure 15: Courbe de l'évolution des températures de séchage de la papaye.

IV.2. Interprétation

D'après la figure 8, au début du séchage, les températures à l'intérieure et à l'extérieure sont égaux. Par suite, la température à l'extérieure reste quasiment constante tandis que celle à l'intérieure augmente progressivement jusqu'à obtenir le maximum à 12h30min. Puis la température à l'intérieur commence à descendre.

Ainsi, nous avons donc un gain en température entre 10°C à 25°C. Ce gain est dû à l'effet de serre qui se produit à l'intérieur du système.

IV.3. Avantages et inconvénients du séchoir solaire de la papaye

Il y a plusieurs avantages de la papaye sèche : bien protégés par l'attaque des mouches et autres insectes ; diminuer notablement les temps de séchage par rapport aux systèmes traditionnels, amélioration du bilan radiatif et une élévation de la température de la papaye à sécher ; la papaye séchée se mange telle quelle ; plus facile à conserver et plus concentrés en nutriments dû à l'élimination de l'eau, coût faible à moyen, pas besoin de main-d'œuvre qualifiée.

Parmi les inconvénients de ce type d'appareil, on peut noter la destruction de certaines vitamines et la photo-oxydation du produit, dues à la partie des ultra-violets transmise par la couverture et au risque de dépassement de la température maximale admise par la papaye, souvent due à la mauvaise circulation de l'air, fréquente dans ces systèmes. Température relativement élevée dans le séchoir qui contribue avec l'exposition au soleil à la destruction des nutriments.

Conclusion

Au cours de ce travail, nous avons conçu un régulateur de décharge profonde avec coupure électromécanique sur le système photovoltaïque au sein du laboratoire LTTC. Ainsi, nous avons constaté que notre régulateur coupe le courant vers la batterie dès que la tension est inférieure à 11.4V. La batterie qui est la composante la plus vulnérable dans le système photovoltaïque est protégée.

En ce qui concerne le travail personnel, nous avons réalisé un séchoir serre avec des vitres de 4mm dont la face supérieure est inclinée de 30° comme travail personnel. La papaye a été choisie comme produit de séchage. Ce choix réside sur le fait que ce fruit est abondant dans la région de Soavinandriana. Afin de mesurer les températures à l'intérieure et à l'extérieure de la serre, nous avons utilisé un Arduino et un PT 100. Après mesure d'une journée, nous avons un gain de 15°C à 30°C ce qui est très bénéfique pour le séchage parce que le temps de séchage est réduit considérablement.

Ces deux études ont permis de comprendre le principe sur séchage solaire et conservation des produits locaux, de manipuler la technologie de l'arduino et enfin le fonctionnement d'un régulateur assez intelligent.

Mais ces études restent encore des prototypes à petite échelle. Ainsi, il reste encore à réaliser des séchoirs assez grands qui peuvent accueillir de quantité de produit énorme et un régulateur de type industriel.

REFERENCES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] PORGO Mahamadi. Evaluation Technico-Economique des Améliorations sur les Séchoirs Solaires ATESTA, 7 pages, (1992-1993).

[2] Xavier GAUTHIER, « Comparaison de deux techniques de séchage », 98 pages, (2003)

[3] COURCIER Marion - DANDEL Julie, Elèves de 1ère Sciences et Techniques de Laboratoire, « Mesure de température par SONDE Pt100 ».

[4] RABENJAHARINAIVO Tahiry Lovaniaina, « Conception et Réalisation d'un Régulateur de Charge et de Décharge d'un Parc de Batterie du Panneau Solaire », 46 Page, (2009)

[5] Logiciel proteus isus 8 professional

[6] Projet de Physique P6 STPI/P6/2014 – 30, « Régulateur de la charge d'une batterie sur panneau solaire ».

REFERENCES WEBOGRAPHIQUES

[7] <http://www.generationrobots.com/fr/152-arduino>. Consulter le: février 2018.

[8] <http://www.amperl.fr/solaire/capteur.html>. Consulter le: février 2018.

[9]. <http://www.sechoir-industriel-de-kaolin.com>, modélisation à l'aide des courbes de séchage du produit Consulter le: février 2018.

ANNEXE 1

Le terme « **papaye** » est apparu dans la langue en 1579. Il vient de *papaya*, mot appartenant au caraïbe parlé dans les Antilles.

Inconnue à l'état sauvage, l'espèce *Carica papaya* est probablement issue d'un croisement spontané entre deux autres espèces indigènes. Il semblerait qu'elle vienne des basses terres de l'est de l'Amérique centrale. Les Amérindiens l'auraient introduite au **Mexique** et en Amérique du Sud. Sa domestication et sa diffusion se sont certainement produites très longtemps avant la conquête, car à l'arrivée des Espagnols, elle occupait une région allant du Mexique au Panama et affichait de nombreux types différents. Les Espagnols et les Portugais introduiront le papayer aux Philippines, en Inde et dans certaines parties de l'Afrique. À la fin du XVII^e siècle, il était cultivé dans toutes les **régions tropicales** du globe.

Une cinquantaine de pays produisent des papayes, les principaux étant le Brésil, le Nigeria, l'Inde, le Mexique, l'Indonésie, l'Éthiopie, le Congo, le Pérou, la Chine et la Colombie. En de nombreux endroits, en plus du **fruit mûr**, on consomme le **fruit immature**, les jeunes **feuilles** et les **fleurs**. D'autres espèces de *Carica* sont cultivées en haute altitude, là où le papayer commun ne peut survivre. Leurs fruits sont généralement peu intéressants à l'état frais et sont surtout consommés **cuits**.

On cultive également le papayer pour la production de **papaïne**, un enzyme protéolytique que l'on retrouve dans le latex des feuilles, des tiges et du fruit. Cet enzyme possède de nombreux usages industriels : traitement de la viande pour l'attendrir, clarification du jus et de la bière, extraction de l'huile de foie de thon, traitement de la soie et de la laine avant la teinture, élimination du poil sur les peaux à tanner, préparation de crèmes faciales et de crèmes nettoyantes, notamment pour les verres de contact. En outre, on se sert en médecine de la **chymopapaïne**, un autre enzyme tiré de cette plante.

Source : Section Profil santé ; Rédaction : PasseportSanté.net ; Recherche et révision scientifique sous la direction de Louise Corneau, Dt.P., M.Sc., nutritionniste, Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels (INAF), Université Laval.

(septembre 2010)

ANNEXE 2

PUISSANCE DU REGULATEUR

Puissance consommée par le régulateur de charge

En l'absence du courant délivré par le panneau solaire, c'est l'accumulation qui assure le fonctionnement du régulateur. Pour cela, nous devons connaître la puissance dissipée par le régulateur. Ainsi en considérant la puissance consommée par le régulateur avec le transistor Q_2 :

$$\text{Soit : } P_{Q2} = V_{CEsat} \cdot I_{B(Q1)}$$

$$P_{Q2} = 0.16W$$

Puissance consommée par le régulateur de décharge

Le calcul de la puissance consommée par le régulateur de décharge est basé sur les puissances consommées par le transistor Q_3 et par le relais. Cette puissance est aussi appelée puissance de conduction et s'obtient à partir de la formule suivante :

$$P_{cond} = V_{CEsat} \cdot I_{CO}$$

Avec :

$$I_{CO} = \frac{U_{rel}}{Z_{rel}} \quad \text{alors } I_{CO} = \frac{U_{rel}}{\sqrt{(R_{rel}^2 + L_{rel}^2)}} \quad \text{donc } I_{CO} = \frac{U_{rel}}{R_{rel}}$$

$$P_{cond} = V_{CEsat} \frac{U_{rel}}{R_{rel}}$$

Notons que notre relais a une résistance R_{rel} 240 Ω et $U_{rel} = V_{lim(décharge)} = 11.4V$

$$P_{cond} = 0.8 \frac{11.4}{240} \quad \text{alors } P_{cond} = 0.038W$$

Puissance consommée par le régulateur

La puissance P consommée par le régulateur est alors :

$$P = P_{Q2} + P_{cond}$$

$$\text{Alors } P = 0.198W$$

ETUDE DE SECHAGE DE FRUIT : PAPAYE CONTROLE PAR UN MICROCONTROLEUR ARDUINO. REALISATION DE REGULATEUR DE DECHARGE.

RESUME

Dans ce travail, nous avons fait un régulateur de décharge profonde avec coupure électromécanique au sein du LTTC. Son rôle consiste à couper le courant vers l'utilisateur si la tension au niveau de la batterie est en dessous de 11.4V.

Outre, nous avons étudié un séchoir pour fruit « papaye » constitué de quatre vitrages dont la face supérieure est inclinée commandé par un microcontrôleur Arduino Uno. Les objectifs de ce travail sont de : sécher les produits dans un temps minimum sans perdre ses qualités ; effectuer des mesures expérimentales avec les instruments en notre possession.

Mots clés : séchoir solaire, séchage, régulateur, microcontrôleur, analogie/numérique, papaye

STUDY FRUIT DRYING "PAPAYA" CHECKED BY AN ARDUINO MICROCONTROLLER, REALIZATION OF DISCHARGE REGULATOR.

ABSTRACT

In this work, we made the deep discharge regulator with electromechanical break in LTTC. The result role is the power cut to the user that the battery decreases to 11.4V.

Besides, we studied the "papaya" fruit drying controlled by an arduino uno microcontroller, constituting the method of four glazing's. The objectives of this work are to: dry the products in a minimum time without losing its qualities; perform experimental measurements with the instruments in our possession. The results obtained by the thermal modeling improve the solar drying of the fruits.

Keywords: solar dryer, drying, regulator, microcontroller, analog / digital, papayw

Encadreur :
ANDRIANAIVOARIVELO Jaolalaina
Arisoa
Enseignant Asistant
SICU Sécurité Cyber Campus Ankatso
IIB
e-mail :jaolalaina@gmail.com
Tel : +261331262401

L'impétrant
RASOLOFONARINDRA Jean Michaël
Adresse : Avaratsena Soavinandriana
Itasy
Téléphone : +261331841623
e-mail : rjeanmichaelj@gmail.com

