

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAÏD de TLEMCEN  
Faculté de Technologie



**Département de Génie Électrique et  
Électronique**

LABORATOIRE DE PRODUCTIQUE DE TLEMCEN

MANUFACTURING ENGINEERING LABORATORY OF TLEMCEN



## MEMOIRE

Présenté par

**HADJ BENNACEUR Wafaa**

**BOUAMAMA Asma**

*En vue de l'obtention du*

**Diplôme de MASTER en Génie Industriel Productique**

## THÈME

Conception et réalisation d'un prototype d'un système de refroidissement à panneau solaire pour une glacière

**Soutenu le 17/06/2017, devant le jury composé de :**

M.KARA Ali Djamel	Président	UAB Tlemcen
M.MANGOUCI Ahmed	Encadreur	UAB Tlemcen
M.GUEZZEN Amine	Co-Encadreur	UAB Tlemcen
M.SARI Mohamed	Examineur 1	UAB Tlemcen
M.MOULAI-KHATIR Djezouli	Examineur 2	UAB Tlemcen
M.BENDAOUDI Sofiane	Invité (Ingénieur)	ENIE BEL ABBES

**Année universitaire 2016-2017**

## Remerciements

*Louanges à ALLAH, qui nous a guidées sur le droit chemin tout au long de nos études et nous a inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aurait pas abouti.*

*Nous adressons le grand remerciement à notre encadreur M. MANGOUCHE Ahmed, qui nous a donné l'opportunité de faire un sujet passionnant et de nous avoir fait confiance tout au long de ce travail et de nous avoir toujours encouragées dans les travaux, notamment durant la correction de ce manuscrit. Merci pour votre gentillesse, votre patience, de votre générosité et de votre disponibilité. Nous avons eu vraiment un grand honneur de travailler sous votre direction.*

*Nous nous ferons un agréable devoir de remercier notre co-encadreur M. GUEZZAN Amine pour les conseils qu'ils nous ont apportés.*

*On est heureux d'exprimer nos remerciements aux membres du jury : M. M.KARA Ali, pour avoir accepté de présider le présent mémoire, qu'il trouve ici l'expression de notre reconnaissance et de notre respect. M. MOULAI KHATIR Djazouli et M. SARI Mohamed d'avoir acceptés d'examiner ce travail, on les remercie pour leurs confiances, observations et leurs remarques pertinentes et constructives.*

*Nos vifs remerciements s'adressent à notre invité M. BENDAOUDI Sofiane Ingénieur de production solaire ENIE de SIDI BELABBES d'accepter notre invitation et d'autoriser de faire le stage au sein de l'entreprise ENIE.*

*Nous nous sentirions coupable d'ingratitude si nous ne remercions pas M. HADJ BENNACEUR Abdelhamid qui a bien voulu nous consacrer de son temps pour notre aide. Les connaissances et le savoir-faire et les conseils qu'il nous a apportés qui nous ont été précieux.*

*Veillez trouver ici le témoignage de notre profond respect et notre éternelle gratitude.*

*Nos remerciements les plus chaleureux vont à tous mes camarades de la promo 2012 Adel, Mohamed, Salaheddine, Nadjib, pour leurs encouragements et l'aides dans ce travail et pour l'ambiance agréable tout au long de ces années d'études.*

## *Dédicace*

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...?  
Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour,  
Le respect, la reconnaissance...?*

*Ainsi, c'est tout simplement que  
Je dédie ce mémoire :*

*A mes très chers parents, les prunelles de mes yeux*

*A mon très cher Père **ABDELHAMID** école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années de mes études, qui m'a permis de les suivre dans les meilleures conditions possibles, qui n'a jamais cessé de m'encourager et qui a veillé tout au long de ma vie. Vous avez le droit de recevoir mes chaleureux remerciements, Si j'en suis là aujourd'hui, c'est grâce à DIEU et à vous, je vous aime très fort.*

*A ma très chère mère **RAWIDA** le symbole de bonté ; la source de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite tu m'as tellement donné aussi que je n'ai pas assez de mots pour t'exprimer, tout d'abord ma reconnaissance et ma plus profonde tendresse. Vous avez toujours été près de moi lorsque j'avais du chagrin, mais aussi lors de multiples moments de pur bonheur que nous avons vécus ensemble. Je ne peux que prier afin que le Bon Dieu te maintienne très longtemps parmi nous et en bonne santé.*

*A mes chers frères **KHALIL** et **SOFIANE** Pour leurs soutien moral, que dieu les garde pour moi je vous aime.*

*A la mémoire de mes grands pères que leurs âmes reposent en paix*

*A mes chères grandes mères **KHALIDA** et **SAMIRA** qui ont toujours prié pour moi, qui m'ont toujours soutenu à leur manière.*

*A mes oncles **CHOUKRI**, **TOUFIK**, **NASRO**, **ABDELHAK**, **LOTFI**, **AMINE**.*

*A mes adorables tantes **AMINA**, **ZHOR**, **SAFIA**, **SAMIA**, **IKRAM**.*

*A mes chéries **NOR EL HOUDA**, **RIHEB**, et **TEMA** que dieu vous garde et vous protège que votre chemin soit plein succès.*

*A mes très chères copines et sœurs pour tous les moments qu'on a passés ensemble durant les années universitaires, A mes chérés **Asma**, **Hiba**, **Salma***

*À Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

*À tous ceux dont l'oubli du nom n'est pas celui du cœur !*

**WAFAA**

# DEDICACE

*J'ai toujours pensé faire où offrir quelque chose à mes parents en signe de reconnaissance pour tout ce qu'ils ont consenti comme efforts, rien que pour me voir réussir, et voilà, l'occasion est venue.*

*A ceux qui m'ont donné la vie, symbole de beauté, et de fierté, de sagesse et de patience.*

*A ceux qui sont la source de mon inspiration et de mon courage, à qui je dois de l'amour et de la reconnaissance.*

- ❖ *A ma très chère mère HOURA.*
- ❖ *A mon très cher père MOHAMED*

*A ceux qui ont toujours cru en moi, et c'est dans leurs présences que j'ai puisé la volonté de continuer.*

- ❖ *A mes frères ALI et WAHID*
- ❖ *A mes sœurs MERIEM et NAIMA*

*Sans oublier les fils de ma sœur mon adorable MOHAMMED ALI la petite princesse RITADJ et le fils de mon frère ANES que dieu vous garde et vous protège que votre chemin soit plein succès.*

*A ceux qui m'a toujours soutenue avec ses prières.*

- ❖ *A mon grand-père AHMED,*

*A la mémoire de mes grands-parents*

- ❖ *Mes grande mères MERIEM et BAKHI qui j'ai tant aimés*
- ❖ *Mon grand-père ALI qui je n'ai pas eu la chance de connaître.*

*A celle qui m'a épaulé pendant la plus durs et les beaux moments de ma vie, mon binôme de projet de fin d'étude.*

- ❖ *Ma meilleure amie WAFIA*

*Et*

- ✓ *A toute ma famille BOUAMAMA et DEMMOUCHE sans exception.*
- ✓ *A toutes mes chères amies et à tous mes chers amis.*
- ✓ *A toutes mes enseignantes et à tous mes enseignants.*
- ✓ *A tous ceux que j'aime.*
- ✓ *A tous ceux qui m'aiment.*
- ✓ *A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin*
- ✓ *A tous mes camarades de la promotion 2012 pour les bons moments passés ensemble*

**ASMA**

## **Résumé :**

*L'Algérie dispose d'un potentiel solaire dix fois la consommation mondiale. L'utilisation d'énergie solaire est très demandée dans les endroits isolés, dans les plages, des mers pendant les vacances dans les forêts d'un éventuel (camping, Piknek), etc... À cause du manque d'une source d'énergie électrique.*

*Cette énergie solaire trouve sur emploi dans différents domaines comme l'agriculture, l'industrie, etc....*

*Pour notre cas à des fins domestique pour la conservation des aliments, des médicaments, ou autre.*

*L'objectif de notre travail est la réalisation d'une glacière portable et de l'équiper d'un système de refroidissement autonome à l'aide d'un panneau solaire.*

*Cette derrière sera programmée par le logiciel Arduino puis on fera sa conception et en fin sa réalisation.*

### **Mot clés**

Panneau solaire, énergie solaire, Système de refroidissement, glacière, module Peltier.

## ملخص:

للجزائر إمكانيات لإنتاج الطاقة الشمسية تقدر بعشرة أضعاف من الاستهلاك العالمي. استخدام هذه الطاقة الشمسية مطلوبة جدا في المناطق النائية المعزولة و الشواطئ و في الغابات (المخيمات و الخرجات) اثناء العطلة الصيفية و البعيدة عن شبكة توزيع الطاقة الكهربائية .

هذه الطاقة الشمسية تستخدم في مختلف المجالات الزراعية والصناعية الخ  
قضيتنا كخدم منازلون للحفاظ على أغذية أو أدوية أو غيرها

كان الهدف من عملنا هو تحقيق صندوق ثلج محمول مستقل مع نظام التبريد عن طريق الطاقة الشمسية. وهذه الأخيرة من المقرر برمجتها بالبرنامج Arduino ثم نحدد تصميمها و تحقيقا للمبردة.

## Abstract :

Algeria has a solar potential ten times the world consumption. The use of solar energy is in great demand in the isolated places, in the beaches (ranges), the seas during the holidays in the forests of a possible (campsite(camping), Pike), etc. because of the lack of an electric source of energy ...

This solar energy finds on the employment use in various domains as the agriculture(farming), the industry, etc. ... For our case to fine domestics for the preservation of food, medicine, or other.

The objective of our work is the realization of a portable icebox and to equip him with an autonomous cooling system by means of a solar panel.

It behind will be scheduled programmed by the software Arduino then we shall make its conception design and finally its realization.

# SOMMAIRE

Résumé .....	i
Abstract .....	ii
Sommaire .....	iii
Liste des figures .....	vii
Liste des Tableaux .....	x
Liste des Graphes .....	x
Nomenclature .....	xi
Introduction générale.....	1

## Partie 1: Revue Bibliographie Générale Chapitre 01: Etude De Cellule Photovoltaïque

1.1. Introduction .....	5
1.2. L'énergie solaire .....	5
1.3. Cellule Photovoltaïque .....	6
1.4. Effet photovoltaïque .....	6
1.5. Technologie d'une cellule photovoltaïque .....	7
1.5.1. Silicium monocristallin .....	7
1.5.2. Silicium polycristallin .....	7
1.5.3. Silicium amorphe .....	8
1.6. Conclusion .....	8

## Chapitre 2 : Généralités Sur Les Glacières

2.1. Introduction .....	10
2.2. Différents types de système de glacières.....	10
2.2.1. Glacière passive .....	10
2.2.1.1. Fonctionnement.....	10
2.2.1.2. Utilisation.....	10
2.2.2. Glacière thermoélectrique.....	11
2.2.2.1 Fonctionnement.....	11
2.2.2.2 Utilisation.....	11
2.2.3. Glacière à absorption .....	11
2.2.3.1. Fonctionnement .....	11
2.2.3.2. Utilisation.....	11
2.2.4. Glacière à compresseur .....	12
2.2.4.1. Fonctionnement.....	12
2.2.4.2. Utilisation.....	12
2.3. Description sur les glacières .....	13

2.4. Conclusion .....	14
<b>Chapitre 3 : Théories Des Systèmes De Refroidissement</b>	
3.1. Introduction .....	16
3.2. Différentes méthodes de refroidissement .....	16
3.2.1. Mélanges réfrigérants .....	16
3.2.2. Détente d'un gaz parfait .....	16
3.2.3. Evaporation d'un liquide pur .....	16
3.2.4. Refroidissement thermoélectrique .....	17
3.2.5. Dissolution de certains sels.....	17
3.2.6. Désaimantation adiabatique .....	17
3.2.7. Vaporisation d'un liquide en circuit fermé .....	17
3.3. Théorie de la thermoélectricité.....	17
3.3.1. Histoire de la thermoélectricité.....	17
3.3.2. Définition.....	18
3.3.3. Description .....	18
3.3.4. Principe.....	19
3.3.5. Différents modèles de modules à effet Peltier.....	21
3.4. Conclusion.....	22

## Partie 2: Méthodologie

### Chapitre 01: Contribution Théorique Et Expérimentale Sur Les Matériels

#### Et Logiciels Utilisés

1.1. Introduction .....	25
1.2. Matériels utilisés.....	25
1.2.1.La carte Arduino .....	25
1.2.2.Thermistance .....	26
1.2.3.Dissipateur thermique .....	27
1.2.4.Ventilateur de 12V .....	27
1.2.5.Afficheur LCD .....	28
1.2.6.Isolation .....	29
1.2.7.Module Peltier .....	29
1.2.8.Modélisation du module photovoltaïque .....	32
1.2.9.Dimensionnement de module photovoltaïque .....	33
1.2.9.1. Études de panneau solaire.....	33
1.2.9.2. Panneau solaire de 155 W .....	34
A.1. Les caractéristiques de panneau PV de155W .....	34
B.1. Caractéristique de batterie pour le panneau PV 155W .....	36



C.1. Caractéristique de régulateur pour le panneau PV de 155W .....	37
1.2.9.3. Panneau solaire de 50 W .....	37
A.2. Les caractéristiques de panneau PV de 50W .....	37
B.2 Caractéristique de batterie pour panneau PV 50W .....	38
C.2. Caractéristique de régulateur pour panneau PV 50W .....	39
1.2.9.4. Panneau solaire de 30 W .....	39
A.3. Les caractéristiques de panneau PV de 30W .....	39
B.3. Caractéristique de batterie pour panneau PV 30W .....	40
C.3. Caractéristique du régulateur pour panneau PV 30W .....	41
1.2.10. Étude de la trajectoire du soleil à Tlemcen .....	42
1.2.11. Processus de fabrication d'un panneau photovoltaïque .....	43
ETAPE 1 : préparation des composants du panneau .....	43
ETAPE 2 : La coupure de L'EVA & Backsheet .....	45
ETAPE 3 : Assemblage des cellules en module .....	45
ETAPE 4 : Connexion électrique.....	46
ETAPE 5: Test du courant-tension (Dark Iv) .....	47
ETAPE 6: Tester les modules par Electroluminescence.....	48
ETAPE 7 : Stratification .....	48
ETAPE 8 : Ebavurage de l'EVA et Back-sheet.....	49
ETAPE 9: Installation de la boîte jonction .....	50
ETAPE 10 : cadrage .....	50
ETAPE 11 : Sun simulation.....	51
1.3. Logiciels utilisés.....	52
1.3.1. Logiciel « Arduino » .....	52
1.3.2. Logiciel « PROTEUS ISIS» .....	53
1.3.3. Logiciel « CATIA V5» .....	53
1.4. Conclusion .....	54
<b>Chapitre 02: Programmation Et Simulation</b>	
2.1. Introduction .....	56
2.2. Simulation et programmation .....	56
2.2.1. Conception électrique avec le logiciel Proteus ISIS .....	56
2.2.2. Programmation de carte Arduino qui correspond à la conception électrique.....	57
2.3 Principe de fonctionnement .....	58
2.4 Conclusion .....	58

**Partie 03 : Conception Et Réalisation**  
**Chapitre 01 : Elaboration De Projet**

1.1.Introduction .....	61
1.2.L'organigramme de système électrique .....	61
1.3.Schéma synoptique sur frytzing .....	61
1.4.Montage de circuit .....	62
1.5.Conception et réalisation .....	63
1.6.Conclusion .....	67
<b>Conclusion Générale .....</b>	<b>69</b>
<b>Référence Bibliographique Générale .....</b>	<b>71</b>
<b>Annexe .....</b>	<b>75</b>

## Liste Des Figures

### Partie 1 : Revue bibliographie Générale

#### Chapitre 1 : Etude de la cellule photovoltaïque

Figure 1 : Schéma électrique d'une cellule photovoltaïque.....	6
Figure 2 : Schéma d'une cellule photovoltaïque .....	7

#### Chapitre 2 : Généralités sur les glacières

Figure 1 : Glacière passive .....	10
Figure 2 : blocs de réfrigérants.....	10
Figure 3 : Glacière thermoélectrique avec fil de cigarette .....	11
Figure 4 : Glacière à absorption .....	12
Figure 5 : Glacière à compresseur.....	12

#### Chapitre 3 : Théories des systèmes de refroidissement

Figure 1 : Schéma descriptif de module Peltier .....	19
Figure 2 : Type de module Peltier .....	19
Figure 3 : Schéma de principe.....	20
Figure 4: Modèle Peltier cascade .....	21
Figure 5 : Modèle Peltier rectangulaire et circulaire.....	21

### Partie 2: Méthodologie :

#### Chapitre 01: Contribution théorique et expérimentale sur les matériels et logiciels utilisés

Figure 1 : Carte Arduino UNO R3 .....	26
Figure 2 : Capteur LM35.....	26
Figure 3: Dissipateur thermique.....	27
Figure 4: Ventilateur de 12V.....	27
Figure 5 : Différents types d'un afficheur LCD.....	28
Figure 6 : Afficheur LCD.....	28
Figure 7 : Polystyrène .....	29
Figure 8: Système de refroidissement .....	30
Figure 9 : Configuration générateur photovoltaïque .....	32
Figure 10 : Interface du programme.....	33
Figure 11 : Caractéristiques pour panneau solaire de 155W .....	34
Figure 12 : Dimensionnement de panneau PV 155W .....	35
Figure 13: Graphiques. ....	35
Figure 14 : Aperçu du graphe.....	36
Figure 15 : Caractéristique de batterie du 120Ah .....	36

Figure 16 : Caractéristique de régulateur 15A .....	37
Figure 17 : Caractéristique du panneau solaire de 50W.....	37
Figure 18 : Dimensionnement du panneau PV de 50W .....	38
Figure 19 : Caractéristique de la batterie .....	38
Figure 20 : Caractéristique du régulateur de 10A .....	39
Figure 21 : Caractéristique de panneau PV pour 30W.....	39
Figure 22 : Dimensionnement de panneau PV 30W .....	40
Figure 23 : Caractéristique de batterie 5Ah .....	40
Figure 24 : Caractéristique de régulateur de 5A .....	41
Figure 25 : Étude trajectoire de soleil à Tlemcen.....	42
Figure 25.a : Explication de la lecture de la trajectoire du soleil .....	42
Figure 25.b : Explication avec un exemple .....	43
Figure 26 : Nettoyage de verre .....	44
Figure 27 : Machine de sélection des cellules.....	44
Figure 28 : Coupure de l'EVA et Back-sheet .....	45
Figure 29 : Assemblage des cellules .....	46
Figure 30 : Connexion électrique .....	47
Figure 31 : Test Dark Iv .....	47
Figure 32 : Electroluminescence .....	48
Figure33 : stratification .....	49
Figure 34 : Ebavurage de l'EVA et back-sheet.....	49
Figure 35 : Fixation de la boîte jonction .....	50
Figure 36 : Cadrage .....	51
Figure 37: Simulation.....	51
Figure 38 : Programme avec l'Arduino .....	52
Figure 39 : Interface du logiciel PROTEUS ISIS .....	53

## **Chapitre 2 : simulation et programmation**

Figure 1 : Plan du projet par le logiciel de simulations (Proteus) ISIS .....	56
Figure 2 : Fenêtre du programme d'Arduino .....	57

## **Partie 03 : Conception et réalisation de projet**

### **Chapitre 01 : élaboration de projet**

Figure 1 : Schéma électrique avec les composants nécessaires .....	61
Figure 2 : Montage de circuit électrique final .....	62
Figure 3 : Module Peltier en état de repos (coupe courant) .....	62
Figure 4 : Refroidissement du module Peltier (état fonctionnement) .....	63
Figure 5 : Affichage de température sur le programme d'Arduino .....	63
Figure 6 : Matériel utilisé pour la conception .....	64
Figure 7 : Découpage de bois et de polystyrène .....	64
Figure 8 : Emplacement de pièces découpées .....	65
Figure 9 : Emplacement de la plaque d'aluminium .....	65
Figure 10 : Vue couvercle de la glacière .....	65
Figure 11 : Vue du face avant de la glacière .....	66
Figure 12 : Vue du face Arrière de la glacière .....	66
Figure 13 : Vue l'atérale droite de la glacière .....	67
Figure 14 : Vuel'atérale gauche de la glacière .....	67
Figure 15 : Glacière solaire assemblé .....	67

## Liste Des Tableaux

Tableau 1: Avantage et inconvénient des cellules photovoltaïques .....	8
Tableau 2 : Variation de température en fonction de temps .....	30
Tableau 3 : Variation de puissance en fonction d'intensité .....	31

## Liste Des Graphes

Graph 1: Variation de température en fonction de temps .....	30
Graph 2 : Variation de puissance en fonction d'intensité .....	31

# Nomenclature

<b>m</b>	: Masse
<b>C</b>	: Vitesse de la lumière dans le vide
<b>E</b>	: Energie de masse
<b>KW</b>	: Kilowatt
<b>PV</b>	: Photovoltaïque
<b>Km/s</b>	: Kilomètre par seconde
<b>W/m<sup>2</sup></b>	: Watt par mètre carré
<b>h</b>	: Constante de Planck
<b>c</b>	: Vitesse de la lumière
<b>λ</b>	: Energie du photon
<b>V</b>	: Volt
<b>Cm<sup>2</sup></b>	: Centimètre carré
<b>%</b>	: Pourcentage
<b>CZ</b>	: Czochralski
<b>FZ</b>	: Fusion de zone
<b>μm</b>	: Nano mètre
<b>°C</b>	: Degré Celsius
<b>Kg</b>	: Kilogramme
<b>Q</b>	: Quantité de chaleur
<b>I</b>	: Intensité du courant électrique
<b>II</b>	: Coefficient Peltier entre les conducteurs 1 et 2
<b>Cm</b>	: Centimètre
<b>J</b>	: Joule
<b>Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub></b>	: L'alliage d'antimoine de tellure
<b>Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub></b>	: L'alliage de bismuth et de tellure
<b>PbTe</b>	: L'alliage de plomb et de tellure
<b>TCE</b>	: Thermo Electric Cooler

<b>A</b>	: Ampère
<b>mm</b>	: Millimètre
<b>P</b>	: Jonction positif
<b>N</b>	: Jonction négatif
<b>Twh/an</b>	: Téra watt-heure par ans
<b><math>\Omega</math></b>	: Ohm
<b>CCD</b>	: Capteur d'image
<b>LCD</b>	: Liquid Crystal Display
<b>Tr/min</b>	: Tour par minute
<b>S</b>	: Seconde
<b>Pc</b>	: Puissance de crête
<b>Voc</b>	: Tension à vide
<b>Icc</b>	: Courant de court-circuit
<b>Pm</b>	: Puissance maximal
<b>Vm</b>	: Tension maximal
<b>Im</b>	: Intensité maximal
<b>Ah</b>	: Ampère heure
<b>h</b>	: Heure
<b>IDE Arduino:</b>	Logiciel
<b>W</b>	: Watt
<b>EVA</b>	: Ethylène Vinyle Acétate





# ***Introduction générale***

## Introduction générale

Il existe différentes sources d'énergie renouvelables disponibles sur la planète dont les principales sont : l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie hydraulique, la biomasse et la géothermie. Elles peuvent être converties, selon les besoins, en électricité ou en chaleur.

La science s'est tout naturellement intéressée notamment vers la plus ancienne, le soleil, qui fournit chaque jour à la terre, par son rayonnement, l'équivalent de plusieurs milliers de fois la consommation énergétique totale de l'humanité pour ces activités d'aujourd'hui.

La terre étant à une distance de 150106 km du soleil, elle reçoit approximativement une énergie de 1,81014 KW [1].

La température constitue une information importante dans plusieurs processus industriels et de laboratoire. Elle intervient comme une grandeur principale dont la valeur doit être connue avec précision ou comme paramètre influant sur la qualité d'autres mesures. Sa valeur sera utilisée pour la correction ou la compensation. Certains procédés industriels ou biologiques favorisent des environnements de températures spécifiques, ainsi la régulation de température s'impose. Cette régulation passe par la mesure de température de manière continue.

L'énergie photovoltaïque obtenue grâce aux cellules solaires est de plus en plus considéré comme une source d'énergie qui peut être contribué à la production mondiale d'électricité tout en participant au développement durable.

La découverte du système frigorifique nous accède d'octroyer de nombreuses applications dans des domaines très variés. Et c'est dans le domaine alimentaire et médical que le froid occupe une place prépondérante car il permet de limiter les gaspillages et de prolonger la durée de conservation des produits.

La réalisation de ce projet fin d'étude nous a poussés à faire un stage au sein de l'entreprise *ENIE Solar BEL ABBES* durant un mois pour l'étude sur les panneaux solaires et de l'obtention du panneau solaire.

La présence de ces deux préceptes nous incite à pencher sur le sujet de projet de fin d'étude intitulé : « conception et réalisation d'un prototype de système d'un refroidissement à panneau solaire pour une glacière ».

Dans ce travail nous nous sommes intéressés à l'étude et à la réalisation du fonctionnement d'un système de refroidissement à module photovoltaïque pour une glacière. Ce projet de fin d'étude est partagé en trois grandes parties et chaque partie a des chapitres et une partie annexe. La première partie porte sur la revue bibliographique générale comportant trois chapitres dont:

- 1) étude du système photovoltaïque.
- 2) Généralité sur les glacières.
- 3) Théorie des systèmes de refroidissement.

Le deuxième axe porte sur la méthodologie qui se compose par deux chapitres dont :

- 1) Contribution théorique et expérimentales sur les matériels et logiciels utilisés
- 2) programmation et simulation du système à réaliser.

Le troisième axe porte sur la conception et la réalisation de système glacière à module photovoltaïque.



***Partie 1 :***  
***Revue bibliographique générale***



**Chapitre 01 :**  
**Etude de la cellule photovoltaïque**

## 1.1. Introduction :

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la transformation directe d'une partie du rayonnement solaire en énergie électrique. Cette conversion d'énergie s'effectue par l'oblique d'une cellule dite photovoltaïque (PV) basée sur un phénomène physique appelé effet photovoltaïque.

Ce chapitre présente les concepts dont la connaissance est nécessaire à la compréhension du fonctionnement des cellules photovoltaïques constituées de semi-conducteur en silicium. On commencera par un bref rappel sur l'énergie solaire. Nous présenterons ensuite la cellule photovoltaïque et son effet puis nous montrerons la technologie d'une cellule photovoltaïque. A la fin on termine par une conclusion.

## 1.2. L'énergie solaire :

La distance de la terre au soleil est environ 150 million de kilomètres et la vitesse de la lumière est d'un peu plus de 300000 km/s, les rayons du soleil mettent donc environ 8 minutes à nous parvenir. La constante solaire est la densité d'énergie solaire qui atteint la frontière externe de l'atmosphère faisant face au soleil. Sa valeur est communément prise égale à 1360W/m<sup>2</sup>. Au niveau du sol, la densité d'énergie solaire est réduit à 1000 W/ m<sup>2</sup> à cause de l'absorption dans l'atmosphère [2].

Albert Einstein à découvert en travaillant sur l'effet photoélectrique que la lumière n'avait pas qu'un caractère ondulatoire, mais que son énergie est portée par des particules, les photons. L'énergie d'un photon étant donnée par la relation :

$$E = \frac{h.c}{\lambda}$$

**h** : constante de Planck. ( $h=6,62 \times 10^{-34}$  Js)

**c** : vitesse de la lumière. ( $c= 3 \times 10^8$  m.s-1)

**$\lambda$**  : Énergie du photon associé (en eV)

Donc pour qu'il y création de paires électrons-trous, il faut que l'énergie transportée par les photons qui arrivent sur le dispositif soit supérieure ou égale au gap (trou) du matériau semi-conducteur [3]

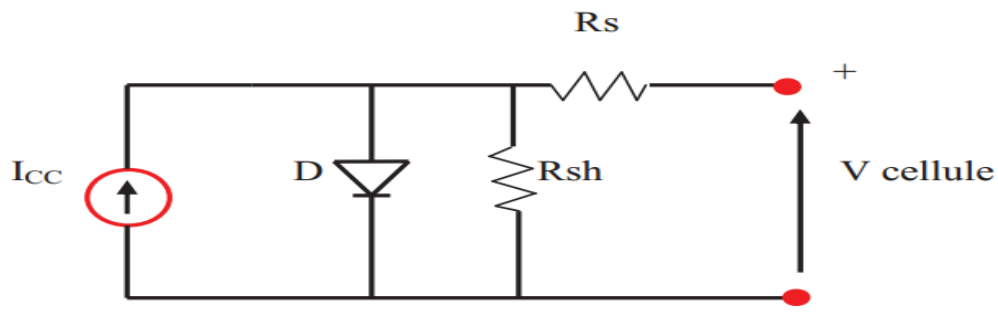
### 1.3. Cellule Photovoltaïque :

Les cellules photovoltaïques ou les plaques solaires sont des composants optoélectroniques qui transforment directement la lumière solaire en électricité par un processus appelé « effet photovoltaïque », a été découverte par E. Becquerel en 1839 [4].

Elles sont réalisées à l'aide de matériaux semi-conducteurs, c'est à dire ayant des propriétés intermédiaires entre les conducteurs et les isolants.

La taille de chaque cellule va de quelques centimètres carrés jusqu' à 100 cm<sup>2</sup> en plus sa forme est circulaire, carrée ou dérivée des deux géométries.

Les cellules se branchent en série, ce qui permet aux électrons générés par une cellule d'être repris par la suivante. Le but est d'avoir une différence de potentiel normalement entre 6 et 24 V. la figure (1.1) suivante représente le schéma électrique d'une cellule photovoltaïque.[5]



**Fig 1: Schéma électrique d'une cellule photovoltaïque**

Les résistances  $R_s$  et  $R_{sh}$  permettent de tenir en compte des pertes liées aux défauts de fabrication . $R_s$  représente les diverses résistances de contact et de connexion tandis que  $R_{sh}$  caractérise les courants de fuite dus à la diode et aux effets de bord de la jonction [6].

### 1.4. Effet photovoltaïque :

Une cellule photovoltaïque est basée sur le phénomène physique appelé effet photovoltaïque qui consiste à établir une force électromotrice lorsque la surface de cette cellule est exposée à la lumière. La tension générée peut varier entre 0.3 V et 0.7 V en fonction du matériau utilisé et de sa disposition ainsi que de la température de la cellule et du vieillissement de la cellule [7]. La figure (1.2) illustre une cellule PV typique où sa constitution est détaillée. Les performances de rendement énergétique atteintes industriellement sont de 15 à 18 % pour les cellules à base de silicium monocristallin, 10 à 14 % avec du silicium poly cristallin et enfin 7 à 10 % pour le silicium amorphe en films mince. [8]

La photopile ou cellule solaire est l'élément de base d'un générateur photovoltaïque. [9]

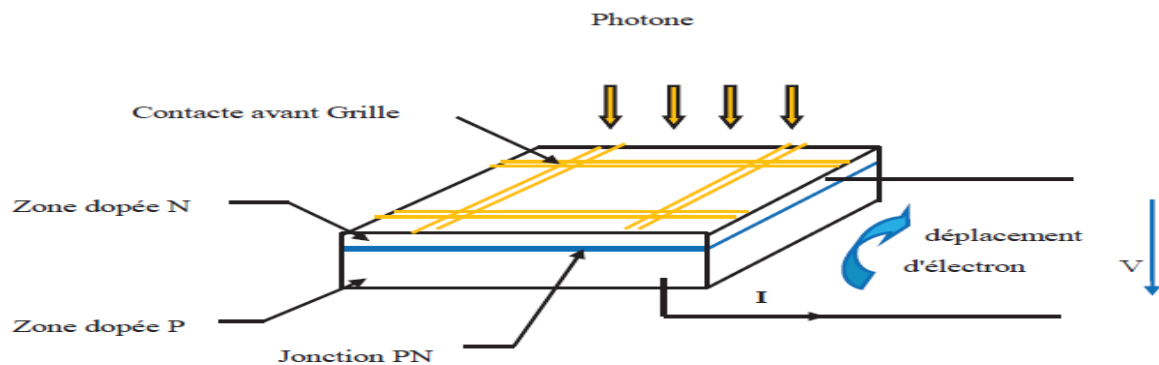


Fig 2 : Schéma d'une cellule photovoltaïque

### 1.5. Technologie d'une cellule photovoltaïque :

L'industrie photovoltaïque est concentrée à près de 90% sur l'utilisation du silicium comme matériau de base. Ce semi-conducteur présente en effet différents avantages : il est abondant à la surface du globe car facilement extrait à partir du sable ; il n'est pas toxique il peut se doper facilement (avec le phosphore ou le bore). Mais d'autres matériaux semi-conducteurs sont également employés pour la fabrication des photo- générateurs.

Nous allons à présent décrire ces différents matériaux utilisés dans l'industrie photovoltaïque :

#### 1.5.1. Silicium monocristallin :

C'est un matériau de très haute pureté, qui est obtenu par des procédés industriels tels que le tirage Czochralski (CZ) « est un procédé de croissance de cristaux monocristallins de grande dimension » [10] ou la purification par fusion de zone (FZ), le produit fini se présente sous la forme de lingots qu'il faut ensuite découper en plaquettes de 300 $\mu$ m. C'est un matériau qui présente d'excellentes qualités électroniques et permet la fabrication de cellules à haut rendement (15-18%), mais il est très couteux. La part du marché du silicium monocristallin est de moins en moins importante (33,6% actuellement) [11].

#### 1.5.2. Silicium poly cristallin :

Il est composé de petits grains de silicium cristallin. Les cellules à base de silicium poly cristallin sont moins efficaces que les cellules à base de silicium monocristallin. Les joints de grains dans le silicium poly cristallin gênent l'écoulement des électrons et réduisent le rendement de puissance de la cellule. L'efficacité de conversion PV pour une cellule à base de silicium poly cristallin modèle commercial s'étend entre 10 et 14%.



### 1.5.3. Silicium amorphe :

Le silicium est déposé en couche mince sur une plaque de verre ou un autre support souple. L'organisation irrégulière de ses atomes lui confère en partie une mauvaise semi conduction. Les cellules amorphes sont utilisées partout où une solution économique est recherchée ou lorsque très peu d'électricité est nécessaire, par exemple pour l'alimentation des montres, des calculatrices, ou des luminaires de secours. Elles se caractérisent par un fort coefficient d'absorption, ce qui autorise de très faibles épaisseurs, de l'ordre du micron. Par contre son rendement de conversion est faible (de 7 à 10 %) et les cellules ont tendance à se dégrader plus rapidement sous la lumière [12].

Le tableau (1) présente les avantages et les inconvénients pour les technologies les plus utilisées d'une cellule photovoltaïque. [12]

**Tableau 1: Avantage et inconvénient des cellules photovoltaïques**

Type	Silicium mono Cristallin	Silicium poly Cristallin	Amorphe
Durée de vie	35 ans	35 ans	Plus de 10 ans
Avantage	Bon rendement en soleil direct	Bon rendement en soleil direct (moins que le monocristallin mais plus que l'amorphe)	Souplesse Prix moins élevé que les cristallins Bon rendement en diffusion
Inconvénient	Mauvais rendement en soleil diffusion (temps nuageux...), prix élevé	Mauvais rendement en soleil diffusion (temps nuageux...), prix élevé	Mauvais rendement en plein soleil

### 1.6. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons défini l'énergie solaire et présenté le principe de fonctionnement des cellules et la technologie des cellules PV avec ses caractéristiques.

Après l'étude des cellules PV, nous pouvons choisir notre cellule avec ces caractéristiques sur le marché Algérien pour voir s'il est disponible.



**Chapitre 02 :**  
**Généralités sur les glaciers**

## 2.1. Introduction :

Les glacières sont des caisses isolantes thermiques conçue pour conserver les aliments et les boissons au frais ainsi les produits sensibles à la température comme les médicaments alors il est nécessaire un conditionnement spécifique et une surveillance d'évolution de température car s'ils sont à température ambiante cela prendra un peu de temps pour les rafraîchir de réfrigérateur à glacière.

## 2.2. Différents types de système de glacières :

### 2.2.1. Glacière passive:

#### 2.2.1.1. Fonctionnement :

On peut dire qu'il ne s'agit que d'une «caisse isolante» où le froid est obtenu grâce à de la glace ou à des blocs réfrigérants qui doivent être achetés séparément et refroidis au préalable dans le congélateur.

#### 2.2.1.2. Utilisation :

Les glacières passives sont généralement suffisantes si on peut renoncer à un refroidissement actif. Il faut bien sûr mieux qu'elles soient bien isolées et posées à l'ombre. Ne comportant pas de mécanisme de refroidissement actif, ces glacières sont légères à porter et n'exigent pas de grand entretien. Elles sont utilisé pour le pique-nique car sont peu chères, mais les blocs réfrigérants doivent être achetés séparément et refroidis au préalable [13].



**Fig 1 : Glacière passive**



**Fig 2 : blocs de réfrigérants.**

## 2.2.2. Glacière thermoélectrique :

### 2.2.2.1 Fonctionnement :

Elle est dotée de modules de refroidissement thermoélectriques, appelés aussi modules Peltier, du nom de leur inventeur. Le principe est le suivant: si deux extrémités d'un métal (ou semi-conducteur) sont mis en contact avec un autre métal, un courant électrique est produit. Le système fonctionne au courant électrique avec une batterie de 12 ou 24 volts, ou sur réseau (230 volts).

### 2.2.2.2 Utilisation :

Ces glacières sont donc relativement bon marché, silencieuses, légères et n'exigent pas d'entretien. Elles sont robustes et fonctionnent aussi en position inclinée. En revanche, il est recommandé de les placer à l'ombre et de veiller à une bonne aération. [13]



Fig 3 : Glacière thermoélectrique avec fil de cigarette.

## 2.2.3. Glacière à absorption:

### 2.2.3.1. Fonctionnement :

Elle fonctionne non seulement sur batterie ou secteur, mais aussi au gaz. Son principe est basé sur le froid obtenu par évaporation au moyen d'une source de chaleur. Un mélange d'eau et d'ammoniac est chauffé et passe de l'état liquide à l'état gazeux, réaction qui retire de l'énergie à l'environnement.

### 2.2.3.2. Utilisation :

Les systèmes à absorption chauffent un mélange d'eau et d'ammoniac pour le faire passer de l'état liquide à l'état gazeux, réaction qui retire de l'énergie à l'environnement. La source de refroidissement est donc un chauffage électrique alimenté par le réseau ou une batterie. Pour un fonctionnement impeccable, il est important que l'évacuation de la chaleur soit optimale et que les températures extérieures n'excèdent pas 40 °C. Si aucune alimentation électrique n'est possible, l'absorbeur peut aussi fonctionner au gaz.

Ces systèmes n'ont donc besoin ni de moteur, ni de pompe; ils ne font pas de bruit, n'exigent pratiquement pas d'entretien et sont d'un prix relativement bas. Ils consomment cependant beaucoup d'énergie (avec une batterie à 12 volts, un contrôleur de tension sera bien utile). Leur principe de fonctionnement les rend assez lourds et exige une position aussi horizontale que possible. [13]



**Fig 4 : Glacière à absorption**

## **2.2.4. Glacière à compresseur**

### **2.2.4.1. Fonctionnement :**

Le fonctionnement de la glacière à compresseur est similaire, cependant la source de chaleur est remplacée par un moteur électrique. Celui-ci est mis en marche à l'aide d'une pompe par laquelle le réfrigérant est comprimé dans un circuit de refroidissement fermé.

Le réfrigérant à l'état gazeux est conduit dans le condenseur et se liquéfie par pression et chaleur. Le réfrigérant liquide est ensuite amené à l'état d'évaporation pour obtenir de nouveau un état gazeux, et dans le même temps, la chaleur à l'intérieur de la boîte est supprimée. [13]

### **2.2.4.2. Utilisation :**

Les systèmes à compresseur assurent un refroidissement constant même par de fortes températures extérieures et en plein soleil. Ils permettent même de surgeler. Ces glacières ne fonctionnent qu'avec du courant électrique du réseau ou de la batterie, mais sont relativement économes en énergie et conçues pour un fonctionnement durable. Bien que dotées d'un moteur électrique, d'une pompe et d'un liquide de refroidissement, les glacières à compresseur ne demandent que peu d'entretien et peuvent fonctionner aussi en position inclinée. Elles sont utilisées pour le safari tropical et cependant sont chères, lourdes (veiller éventuellement à disposer d'un moyen facilitant le transport) et relativement bruyantes [13]



**Fig 5 : Glacière à compresseur**

### 2.3. Description sur les glacières :

Si la glacière fonctionne sur l'allume-cigarettes du véhicule, il faudra tenir compte de la consommation en énergie. Car, si le moteur du véhicule ne tourne pas, la tension de la batterie peut descendre si bas que la voiture ne puisse pas démarrer ensuite. Un contrôleur de tension sera donc bien utile pour éviter de telles pannes. Celui-ci coupera l'alimentation dès que la tension de la batterie atteint une valeur donnée.

Le fonctionnement de la glacière reprendra dès que la batterie le permettra. Les glacières les plus chères (la glacière à compresseur) sont dotées d'un contrôleur de tension intégré, pour les modèles plus simples, il faudra l'acheter séparément.

Certains modèles de glacière passent au mode économique dès que la température souhaitée est atteinte : l'énergie ne sera utilisée que pour maintenir cette température sélectionnée.

D'autres modèles fonctionnent de façon continue sur 12 volts et sans que la température soit surveillée (la glacière à absorption).

En ce qui concerne les glacières passives, la consommation d'énergie est fonction de l'énergie demandée pour refroidir les blocs réfrigérants.

Une glacière est selon les circonstances, plus ou moins transportée. On trouve dans le commerce divers accessoires, mais c'est surtout le poids de la glacière qui est important.

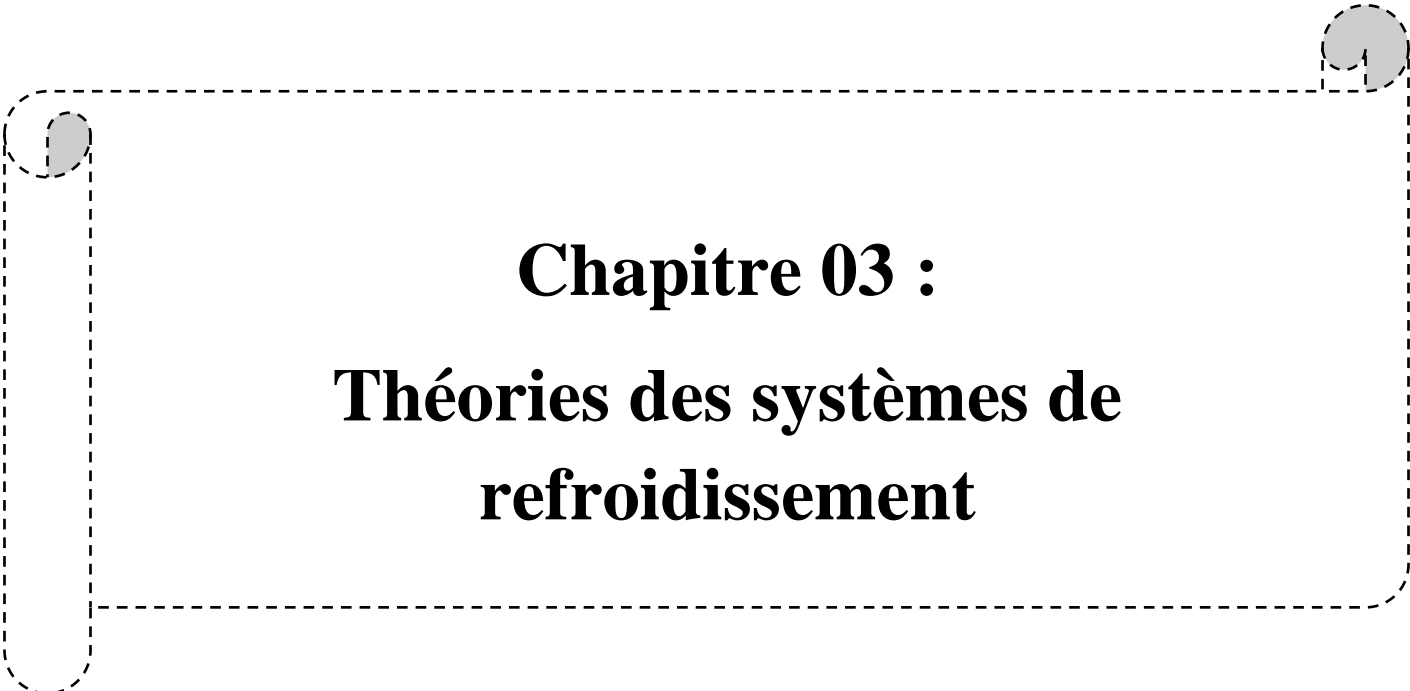
La glacière passive est blocs réfrigérants inclus, deux fois moins lourde que la glacière thermoélectrique (4,8 kg contre 10,3 kg). Mais les glacières à absorption (14,1 kg) et à compresseur (17,7 kg) pèsent encore bien plus.

Finalement, on trouve sur le marché quantité de glacières de différents fabricants et aux dimensions et qualités diverses. La puissance frigorifique et la consommation d'énergie dépendent de façon décisive de la qualité d'isolation. En d'autres termes : meilleure est l'isolation, plus longtemps refroidit la glacière, même si elle n'est pas alimentée par le courant électrique. Il est également à noter que le volume de la glacière joue un grand rôle sur la consommation énergétique. [13]

**2.4. Conclusion :**

D'après les recherches et l'étude qu'on a faite sur les glacières il y a toujours un problème dans le stockage d'énergie car chaque glacière a une caractéristique et utilisation spécifique et qui dure dans un certain moment donné pour cela on a réfléchi de faire une glacière qui dure pendant toute la journée rien qu'une glacière solaire.

Toutes les glacières ne sont pas alimentées par énergie solaire. Pour cela nous allons contribuer pour concevoir une glacière avec panneau solaire qui sera dans la partie suivante



**Chapitre 03 :**  
**Théories des systèmes de  
refroidissement**



### 3.1. Introduction:

La production du froid est équivalente à une absorption de chaleur, car refroidir un corps ne consiste pas à lui donner une quantité de froid (c'est-à-dire, du point de vue physique le froid n'existe pas), mais à lui enlever une quantité de chaleur [14]

Dans ce chapitre nous passons une étude sur les différentes méthodes de production du froid. D'après l'étude nous mettrons l'accent sur le système le plus adaptable pour notre projet, notamment sur le rapport performance thermique de système à refroidissement et le modèle disponible.

### 3.2. Différentes méthodes de refroidissement :

#### 3.2.1. Mélanges réfrigérants :

La dissolution de certains solides ou liquides dans un solvant absorbe une quantité de calories équivalente à sa chaleur latente de fusion. Par exemple le mélange de Calcium avec la neige diminue la température de congélation de la solution obtenue de 0°C à -5°C [14]

#### 3.2.2. Détente d'un gaz parfait :

Dans ce cas, le froid est produit par l'abaissement des températures d'un gaz soumis à une détente avec/ou sans production de travail extérieur.

- **Détente avec production du travail extérieur :**

Les gaz, en se détendant fournissent de l'énergie mécanique aux dépens de la chaleur qu'ils contiennent. Donc, suite à cette détente, la température diminue ce qui se traduit par une production de froid. Ce principe est appliqué dans les machines frigorifiques utilisées pour la liquéfaction des gaz difficilement liquéfiables tels que l'air ou ses composants [14]

- **Détente sans production de travail extérieur :**

La détente s'effectue à partir du travail interne pris sur l'énergie interne. Si un gaz parfait peut se détendre librement sans fournir de l'énergie mécanique, sa température ne varie pas, mais en pratique on peut observer une légère variation des températures intermoléculaires ; c'est l'effet de Joule-Thomson [14]

#### 3.2.3. Evaporation d'un liquide pur :

C'est le procédé le plus utilisé pour la production du froid, il consiste à utiliser un gaz liquéfié qui s'évapore en absorbant la chaleur de la substance à refroidir. Cette substance lui cède une certaine quantité de chaleur correspondante à la chaleur latente d'évaporation du liquide.

Le procédé de production du froid le plus fréquemment utilisé, basé sur ce principe, est celui où le fluide employé n'est pas en contact direct avec la substance à refroidir et dans lequel le gaz est totalement recyclé. Ce procédé donne lieu à deux types de machines frigorifiques [14]:

- i) Machines à compression mécanique.
- ii) Machine à compression thermique.

#### **3.2.4. Refroidissement thermoélectrique :**

Consiste à faire passer un courant continu dans un thermocouple constitué de conducteurs de natures différentes reliés alternativement par des ponts de cuivre afin qu'on puisse produire de petites quantités de froid. [15]

#### **3.2.5. Dissolution de certains sels :**

Il y a un abaissement de température lorsque l'eau est diluer du sels. [15]

#### **3.2.6. Désaimantation adiabatique :**

La réorganisation du cortège électronique d'un corps permet d'obtenir de très basses températures. [15]

#### **3.2.7. Vaporisation d'un liquide en circuit fermé :**

Permet de produire le froid par absorption de chaleur par l'intermédiaire des machines à compression mécaniques et des machines à absorption [15].

### **3.3. Théorie de la thermoélectricité :**

Le cœur de cette étude est un module Peltier, qui est généralement utilisé comme réfrigérateur électrique, plus des explications détaillées comme historique, théoriques et les données techniques, y compris une feuille de données des modules thermoélectriques et les détails de construction, d'exploitation, les applications actuelles et les perspectives d'avenir.

#### **3.3.1. Histoire de la thermoélectricité :**

Voilà un peu plus de 170 ans que Jean-Charles Peltier a découvert un curieux phénomène: lorsque qu'un courant électrique traverse deux conducteurs de nature différente, l'un se refroidit tandis que l'autre se réchauffe (au niveau de leur jonction respective).

Un peu auparavant, en 1821, Thomas Seebeck mettait un phénomène inverse: en effet quand deux matériaux conducteur différent sont proches l'un de l'autre, on obtient un courant électrique (certes faible) si les deux jonctions sont amenées à des températures différentes.

Lord Kelvin confirma par la suite que les deux découvertes étaient reliées à un même phénomène, aujourd'hui appelé effet thermoélectrique [16]

1834 : Jean Charles Athanase Peltier à découvert un autre effet thermoélectrique, la Réfrigération. [17]

1851 : William Thomson a publié une explication complète des effets Seebeck et Peltier et a décrit leur corrélation. [17]

### 3.3.2. Définition :

L'effet Peltier est un phénomène physique de production de froid au niveau de la jonction de 2 conducteurs de nature différente parcouru par un courant continu.

En effet, lorsqu'un courant électrique continu passe à travers la jonction reliant deux conducteurs de nature différente, on observe un dégagement de chaleur ou une absorption de chaleur selon le sens du courant. Ceci est traduit par l'équation suivante [18] :

$$Q = \Pi \times I \quad (1)$$

**Q** : quantité de chaleur en Joule

**I** : intensité du courant électrique en Amperé

**$\Pi$**  : coefficient Peltier entre les conducteurs 1 et 2.

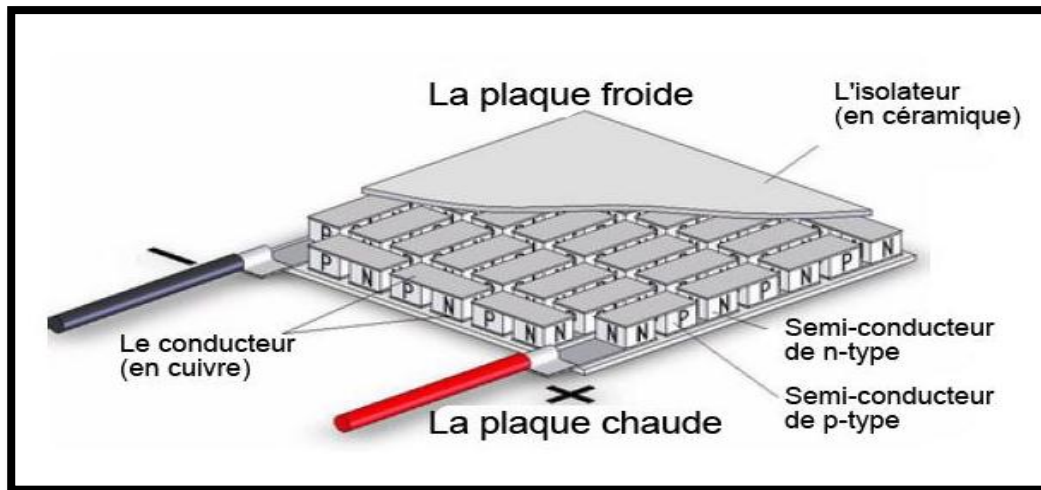
### 3.3.3. Description :

Les modules Peltier sont composés de plusieurs couples thermoélectriques élémentaires connectés électriquement. Chaque couple est constitué d'un matériau semi-conducteur de type P et d'un matériau semi-conducteur de type N réunis par un pont métallique conducteur dont le pouvoir thermoélectrique est supposé nul. Les semi-conducteurs utilisés sont fabriqués à base de différents matériaux entre autre : l'alliage d'antimoine et de tellure ( $Sb_2Te_3$ ), l'alliage de plomb et de tellure ( $PbTe$ ) et l'alliage de bismuth et de tellure ( $Bi_2Te_3$ ). Cependant, seul le dernier est utilisé dans la fabrication des modules Peltier pour la réfrigération.

Ensuite, les deux branches (P et N) du couple et tous les autres couples composant le module sont connectés en série électriquement et en parallèle thermiquement afin d'optimiser le flux de chaleur qui traverse le module et sa résistance électrique.

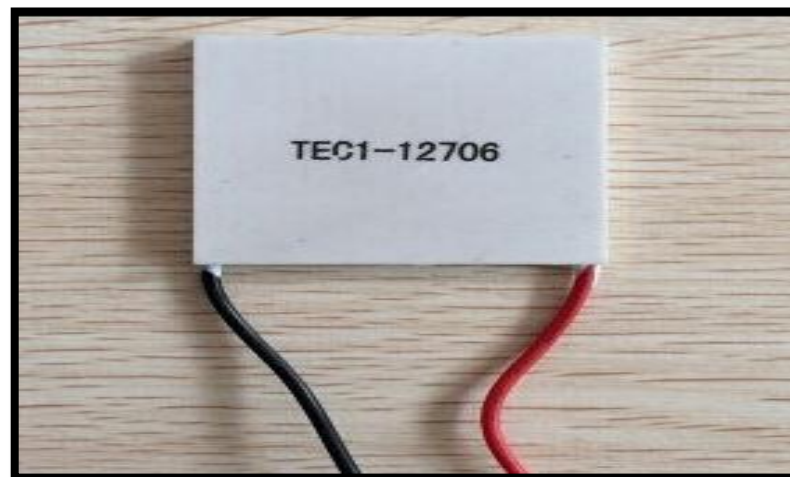
Les couples sont maintenus solidaires par deux plaques de céramique qui assurent l'isolation électrique tout en garantissant de bons transferts thermiques [19]

La figure ci-dessous donne une représentation des modules Peltier.



**Fig 1 : Schéma descriptif de module Peltier**

Les modules Peltier commercialisés existent sous différentes tailles et sous différents étages. Cependant, la taille maximale est de 62 mm et la figure 3.2 ci-dessous illustre un type de module Peltier.



**Fig 2 : Type de module Peltier.**

#### 3.3.4. Principe :

Pour passer de la soudure métallique vers le semi-conducteur de type N, les électrons doivent vaincre une barrière énergétique caractérisée par la différence d'énergie entre la bande de conduction et le niveau de Fermi (*niveau de Fermi est proche de la limite supérieure d'une bande, et que l'intervalle d'énergie interdite situé au-dessus du niveau est étroit, le solide est un semi-conducteur, comme le silicium*) [20].

Ce sont donc les électrons de plus grande énergie, ou les électrons les plus « chaud » qui sont les plus propices pour surpasser cette barrière énergétique et entrer dans le matériau de type N.

Ces électrons vont ensuite traverser l'élément de type N puis passer dans la soudure opposée sans rencontrer d'autre barrière énergétique. Il en résulte donc un transfert des électrons de plus haute énergie d'un côté à l'autre de l'élément de type N et donc un transfert de chaleur.

Le courant électrique est ainsi accompagné d'un flux thermique qui va s'opposer à la conduction thermique. Dans les éléments de type P, les porteurs de charges majoritaires sont les trous. De la même manière, il existe un transfert des trous de plus haute énergie d'un côté à l'autre de l'élément de type P et donc un transfert de chaleur.

Dans les modules thermoélectriques, le circuit électrique est conçu en reliant en série alternativement des éléments de type P et de type N, de telle sorte que toutes les jonctions P-N soient situées sur une face tandis que les jonctions N-P sont sur l'autre face. Ainsi le transfert des trous et des électrons de haute énergie est unidirectionnel, il y a donc un transfert de chaleur d'une face à l'autre.

Si le sens du courant est inversé, les jonctions P-N deviennent des jonctions N-P, l'absorption de chaleur se fera sur la face opposée [19].

La figure ci-dessous illustre le principe de fonctionnement des modules.

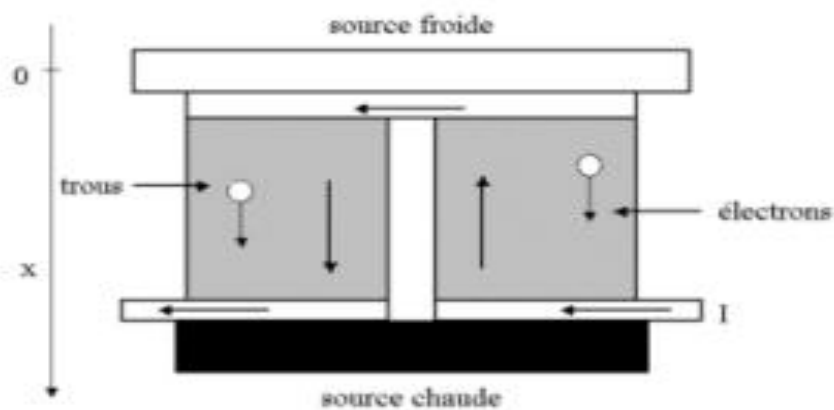


Fig 3 : Schéma de principe

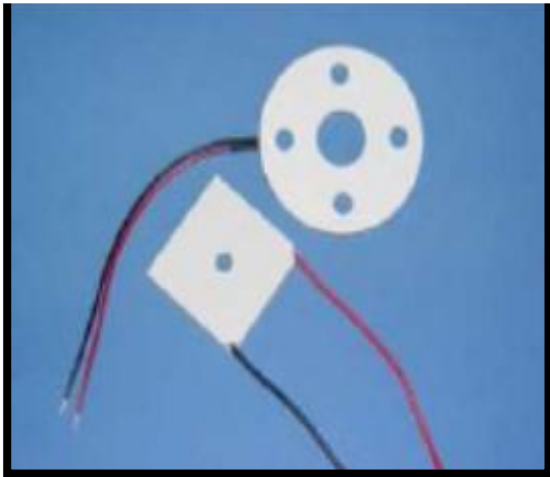
### 3.3.5. Différents modèles de modules à effet Peltier :

Il existe différents modèles de modules à effet Peltier, En effet, en fonction de l'application différentes formes et tailles sont disponibles afin de répondre à tous les besoins.

Il existe des modules de type cascade, ainsi, qui ont un  $\Delta T$  maximal de  $140^{\circ}\text{C}$ . Ce genre de modèle est donc très utile quand il est nécessaire de refroidir fortement un composant. Son inconvénient réside dans sa hauteur et sa forme peu pratique.



**Fig 4: Modèle Peltier cascade**



**Fig 5 : Modèle Peltier rectangulaire et circulaire**

On trouve également des modèles trous, rectangulaires ou circulaires. Leur utilité se trouve dans leur forme qui permet de fixer les modules. On peut citer les modèles CH-21-1.0-1.3 et CH-43-1.0-0.8 du fabricant TE Technologie.

L'entreprise [TECHNICOME.com](http://TECHNICOME.com) propose des modules spécifiques tels que des modules étanches, des modules avec gaines thermo-rétractable ou encore des modules pré-assemblés.

Il se vend donc aujourd'hui toutes sortes de modules à effet Peltier, principalement pour sa capacité réfrigérante [21].

### **3.4. Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons fait un recherché sur la production du froid pour l'utilisation des besoins domestiques, médicaux et industriels.

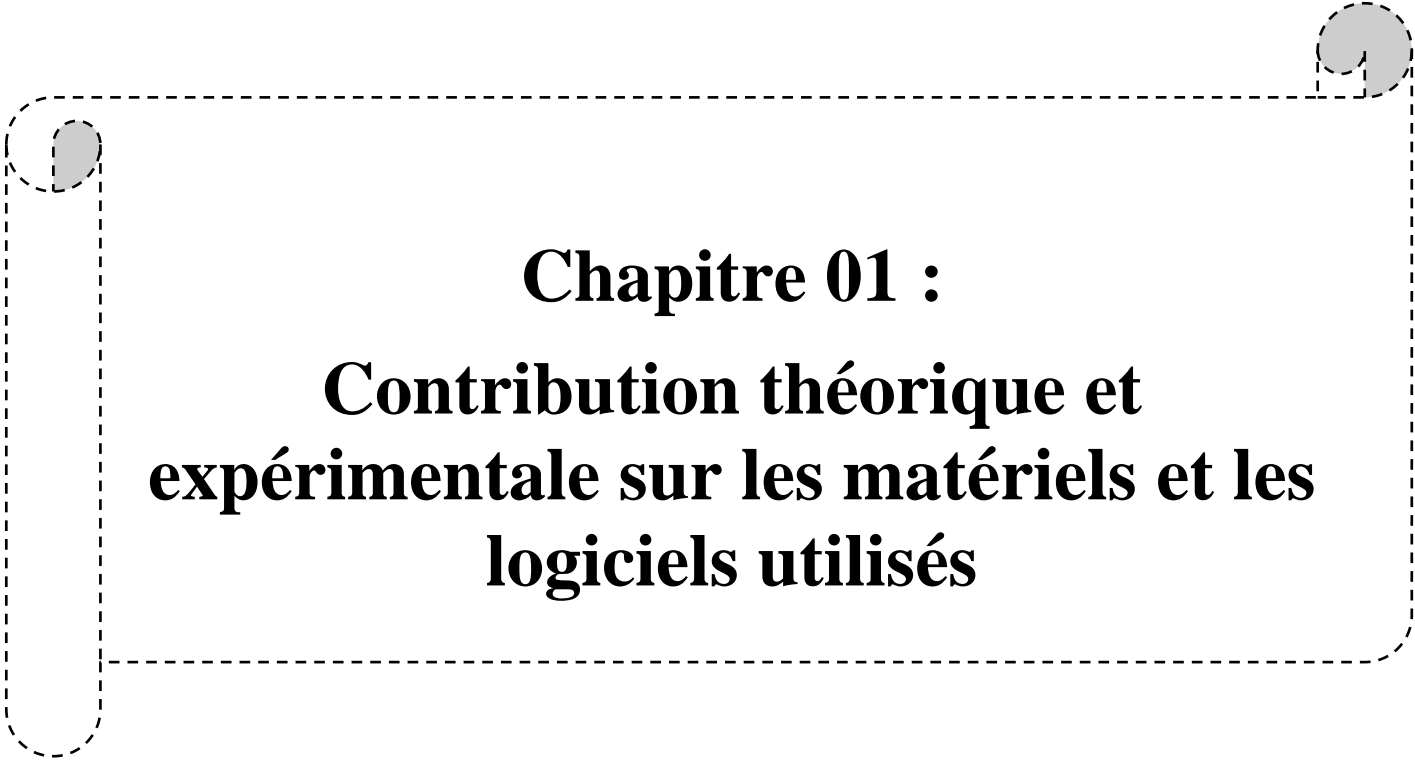
Dans notre cas, nous avons choisi le système de refroidissement du type thermoélectrique (effet Peltier) car ils sont très faciles d'utilisation, et sont silencieuses, peu encombrantes, de petites tailles, compactes et légères. On peut aisément les utiliser dans presque toutes les positions et la régulation de la température est précise.

De plus, ces modules sont écologiques car ils n'utilisent pas de fluides réfrigérants et ne nécessitent aucun entretien, et l'étude de ce module nous avons faite dans le chapitre suivante.



## ***Partie 02 : Méthodologie***





**Chapitre 01 :**  
**Contribution théorique et  
expérimentale sur les matériels et les  
logiciels utilisés**

## **1.1. Introduction :**

Dans la vie courante, la température est reliée aux sensations de froid et de chaud, provenant du transfert de chaleur entre le corps humain et son environnement.

En physique, elle se définit de plusieurs manières, comme fonction croissante du degré d'agitation thermique des particules, par l'équilibre des transferts thermiques entre plusieurs systèmes.

La température est une variable importante car il existe plusieurs méthodes de mesure de température parmi ces méthodes la méthode électrique, car elle se base sur la variation thermique de la valeur d'une résistance, et sur l'effet de Peltier, cette méthode a l'avantage d'une plus grande souplesse d'emploi. Dans cette partie nous avons fait une étude réelle et expérimentale dans le laboratoire de l'entreprise ENIE à SIDI BELABBES plus des documentations sur les éléments.

## **1.2. Les matériels utilisés :**

### **1.2.1. La carte Arduino :**

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.

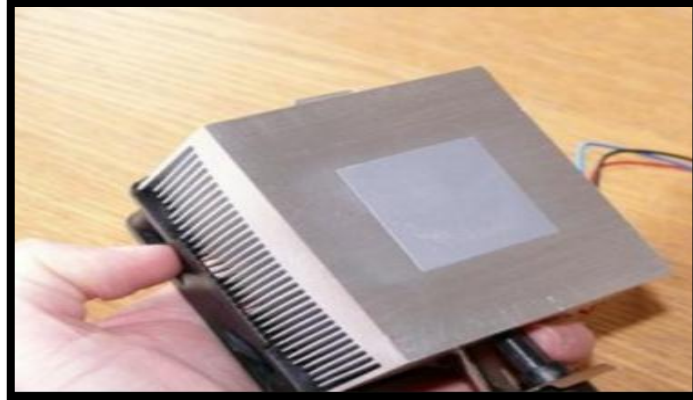
Un microcontrôleur programmé peut analyser et produire des signaux électriques de manière à effectuer des tâches très diverses. Arduino est utilisé dans beaucoup d'applications comme l'électrotechnique industrielle et embarquée , le modélisme, la domotique mais aussi dans des domaines différents comme 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. [22]

La carte Arduino est illustrée dans la figure suivante figure 1:



### **1.2.3. Dissipateur thermique :**

Les dissipateurs thermiques ou les radiateurs destinés au refroidissement des optiques sont conçu afin d'étudier l'impact de la résistance au contact sur les performances thermiques. La puissance peut être apportée par deux côtés figure 3.



**Fig 3: Dissipateur thermique**

### **1.2.4. Ventilateur de 12V :**

C'est un appareil destiné à créer un courant d'air. Ce déplacement d'air va agir sur le radiateur pour le refroidir. Ainsi, nous avons opté pour celui de (80x80x25) mm de taille avec une vitesse de rotation de 2600 tr/min avec une intensité de 0,08A qui convient parfaitement à notre radiateur (dissipateur), illustré dans la figure 4.

La tension et le courant délivrés par la plaque d'essai suffisante pour alimenter correctement le ventilateur et Peltier. En effet il ne sert qu'a refroidir l'intérieur de la caisse, il n'est donc pas nécessaire de l'utiliser en permanence pendant l'expérience.

Nous aurions pu opter pour d'autres moyens de réfrigération comme en faisant des mélanges chimiques simples qui nous auraient permis d'atteindre des températures très froides, mais c'est pas très intéressant dans notre cas car nous cherchons une alimentation solaire.



**Fig 4: Ventilateur de 12V**

### 1.2.5. Afficheur LCD :

LCD signifie "Liquid Crystal Display" et se traduit, en français, par "Écran à Cristaux Liquides". On le trouvera dans plein d'appareils électroniques disposant d'afficheur : (les montres, le tableau de bord voiture, les calculatrices, etc). Cette utilisation intensive est due à leur faible consommation et coût. [23] Dans la famille afficheur LCD, on distingue les trois catégories donné dans la figure 5:

- Les afficheurs alphanumériques
- Les afficheurs graphiques monochromes
- Les afficheurs graphiques couleur

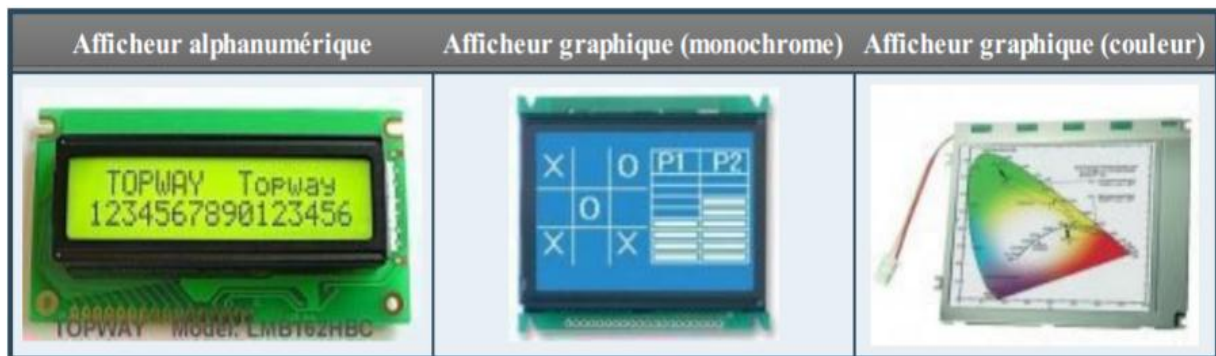


Fig 5 : Différents types d'un afficheur LCD

Pour notre système on se servira d'afficheur de la première catégorie LSD car ils suffisent à faire notre montage montré dans la figure 6 :



Fig 6 : Afficheur LCD

### **1.2.6. Isolation :**

L'isolation classique des glacières repose sur différents types d'éléments isolants, et parmi ces éléments on trouve le polystyrène (figure 7) comme meilleur isolant pour notre caisse. Le polystyrène est un matériau alvéolaire rigide, peu dense, dont les principales utilisations sont l'isolation thermique des matériaux et l'emballage des produits industriels ou alimentaires. [24]



**Fig 7 : polystyrène**

### **1.2.7. Module Peltier :**

C'est l'un des éléments les plus importants dans la conception, car notre glacière doit être capable de fournir une quantité de froid contrôlée dans la caisse et de faire varier la température du système entre 10°C et 6°C.

Notre choix s'est porté vers un module thermoélectrique reposant sur l'effet Peltier qui est capable de remplir toutes ces fonctions. C'est l'élément qui est le plus dur à alimenter, en effet il ne supporte qu'une tension, un courant et une puissance particulière qui ne pouvait être donnée par l'arduino.

### **Expériences :**

✓ **Mesure de température en temps réel le 18/03/2017 à 11h00min:**

#### **Matériel utilisé :**

- Voltmètre/ Ampèremètre
- Alimentation 12V
- Thermomètre /Chronomètre
- Module Peltier
- Radiateur (dissipateur) et ventilateur

Nous avons collé le module Peltier avec le radiateur et on a le relié au générateur de 12V. On remarque qu'une température variable se crée. En effet un côté de la plaque est froid celui qui est mesuré par le thermomètre est l'autre côté placé avec le radiateur.

Nous avons fait l'expérience avec alimentation externe qui fournit un courant continu très important de 12 volts qui ne pouvait être atténué par les résistances.

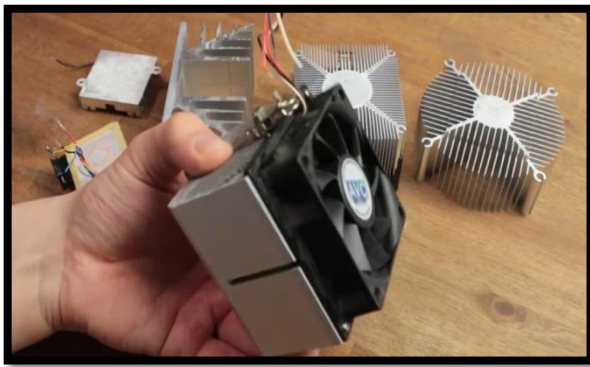


fig (a) : dissipateur avec ventilateur

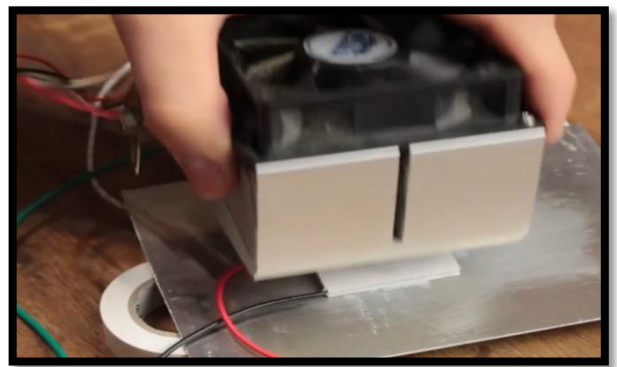


fig (b) : le placement de ventilo avec Peltier

Fig 8: Système de refroidissement

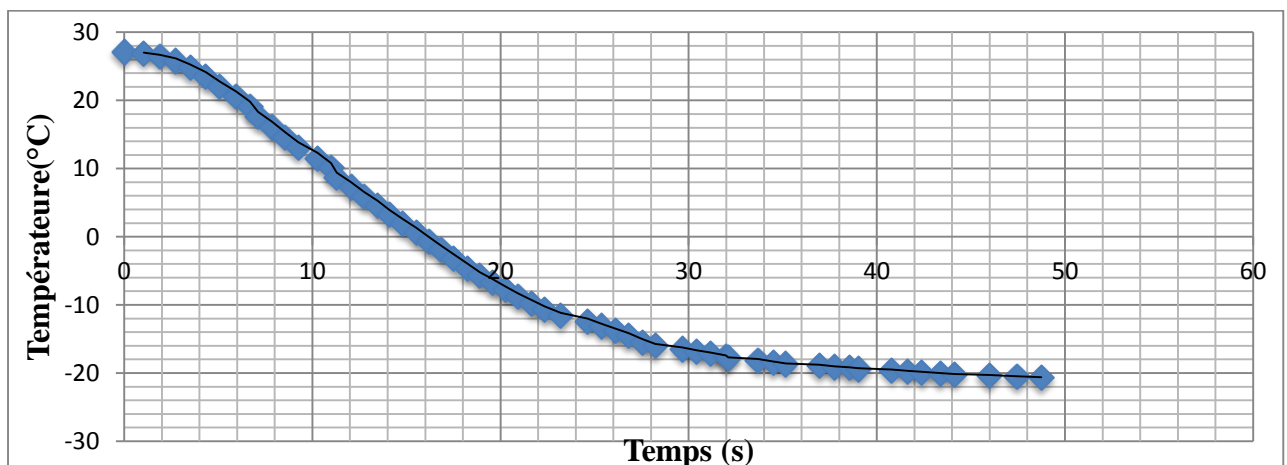
Après le branchement de notre système de refroidissement avec un générateur de PC à 220V et une puissance de 450W, nous avons le branché dans le câble de 12V, donc on a obtenu les résultats qui sont dans le tableau 1 suivant :

Tableau 2 : Variation de température en fonction de temps

Temps (s)	0	2,7	3,5	5	6	7,11	8,5	10,9	12	14,9	14,7	15	15,5	16	16,2	16,8
Température (C°)	27	25,8	24,8	22	19	17,1	14	10,1	7,3	3,3	2	1	0,6	0	-0,7	-1,9

Temps (s)	17,4	18,9	20,2	21,6	22,3	23,2	26,1	28,2	31,1	33,6	37,7	43,3	48,7
Température (C°)	-03,2	-05,7	-07,8	-09,8	-10,7	-11,6	-13,8	-16,1	-17,2	-18,1	-19,1	-20,1	-20,7

Après les résultats mentionnés dans le tableau 1 ci-dessus nous avons remarqué que la durée de l'expérience est de quelques secondes et les résultats illustré par le graphe 1:



**Discussions et conclusion :**

D'après le graphe 1, on remarque que les degrés de température diminues rapidement en fonction du temps en seconde (s) et dans quelque seconde atteindre le degré de congélation.

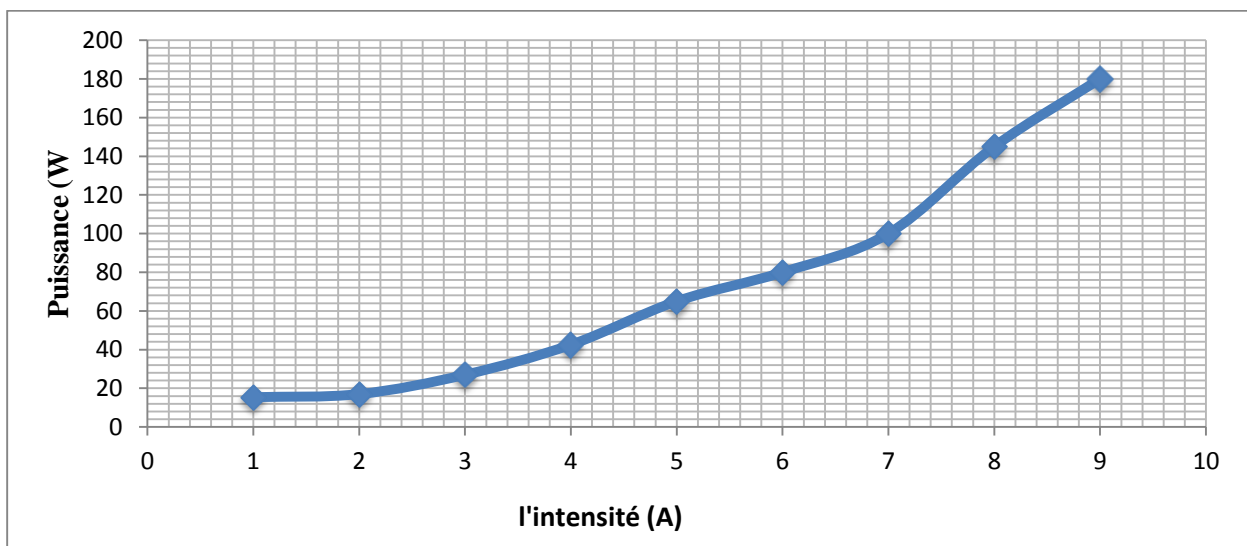
✓ **Variation de puissance du module Peltier TEC 1-127 selon intensité :**

Dans cette partie nous avons étudié la variation de puissance de module Peltier TCE-1 qui a 127 couples avec une tension de 12V en fonction de l'intensité, les résultats exprimés dans le tableau 2 suivant [25] :

**Tableau 3 : Variation de puissance en fonction d'intensité**

Intensité (A)	01	02	03	05	06	08	09	12	15
Puissance (W)	15,4	17	27	42,5	65	80	100	145	180

Les résultats mentionnés dans le tableau sont les représentés par le graphe 2 ci-dessus :



**Discussions et conclusion :**

D'après le graphe 2 précédent, On remarque que la puissance augmente en fonction de l'intensité.



### 1.2.8. Modélisation du module photovoltaïque :

Notre générateur photovoltaïque est constitué :

- Du module photovoltaïque.
- Régulateur.
- Batterie.

Ceci, nous optons pour un système PV avec une batterie intégré et un régulateur pour gérer le courant de glacière et ces caractéristiques traité par un programme spécifique au niveau de laboratoire (ENIE) selon les performances de notre module Peltier (la puissance) parmi tout les éléments et les caractéristiques d'un panneau PV décrit par les paramètres suivant :

- ✚ **La puissance de crête  $P_c$**  : puissance électrique maximum que peut fournir le module dans les conditions standards ( $25^{\circ}\text{C}$  et un éclairement de  $1000 \text{ W/m}^2$ ),
- ✚ **La tension à vide  $V_{OC}$**  : tension aux bornes du module en l'absence de tout courant, pour un éclairement " plein soleil ".
- ✚ **Le courant de court-circuit  $I_{CC}$**  : courant débité par un module en court-circuit pour un éclairement " plein soleil ".
- ✚ **Le point de fonctionnement optimum,  $(V_{mp}, I_{mp})$**  : lorsque la puissance de crête est maximum en plein soleil,  $P_m = V_{mp} \times I_{mp}$
- ✚ **Le rendement** : rapport de la puissance électrique optimale à la puissance de radiation incidente.
- ✚ **Le facteur de forme** : rapport entre la puissance optimale  $P_m$  et la puissance maximale que peut avoir la cellule.

Le schéma de la figure 9 suivante donne la configuration synoptique de ce système.

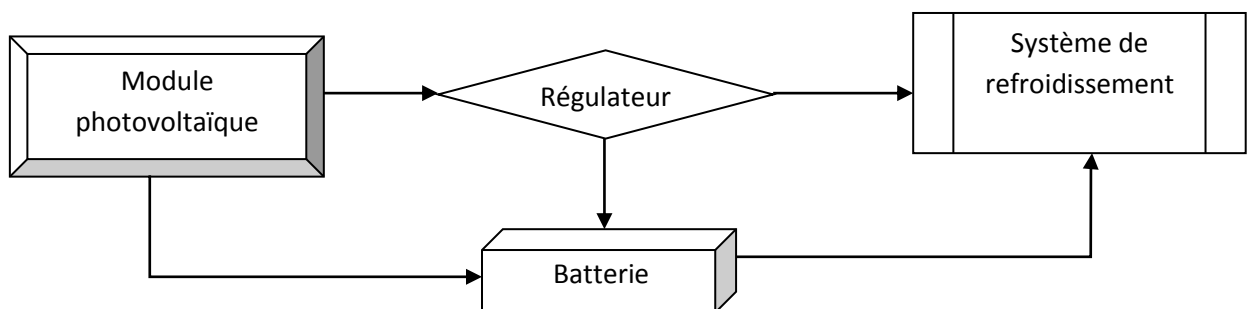


Fig 9 : configuration générateur photovoltaïque

### 1.2.9. Dimensionnement de module photovoltaïque :

En fonction de la puissance du panneau, de la tolérance du module, de la durée de vie, et de la température nominale d'utilisation des cellules, du rendement du module, du coefficient de puissance du module, de la garantie et de la certification du module, il nous a obligé de faire un stage pratique à l'usine d'ENIE à SIDI BEL ABBES pour voir leur programmation du panneau solaire et dans le but d'étudier le dimensionnement et la puissance du panneau solaire le plus adaptable à notre glacière.

#### 1.2.9.1. Études de panneau solaire :

L'interface de programme qu'est utilisée se compose de deux parties la partie jaune base de données météo c'est pour régler les paramètres des sites géographiques et les tolérances de l'éclairage (météo) en suite la partie verte c'est la base de données composants comme illustré dans la figure 10.

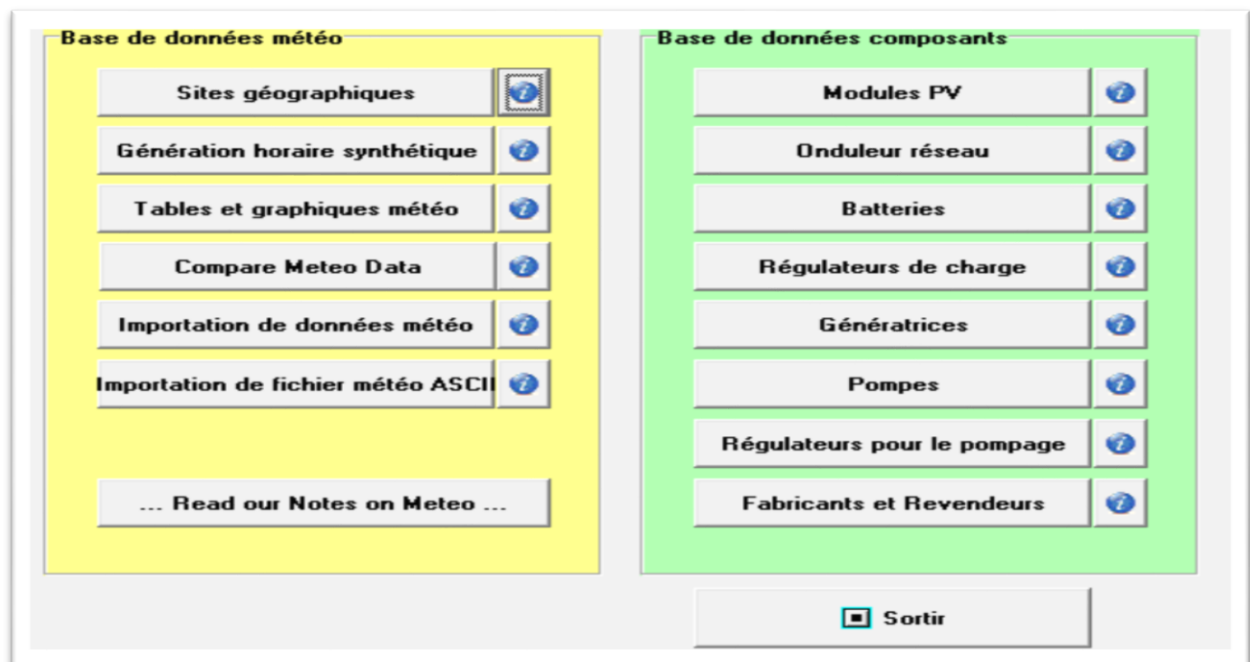


Fig 10 : Interface du programme

En premier lieu on a calculé la puissance du panneau solaire adaptable avec notre alimentation par un autre programme pour calculer de puissance les résultats comme suit:

✓ **Pour une alimentation de puissance de 65W**

- A) Panneau Solaire de 155W
- B) 2 Batteries de 120Ah
- C) Régulateur de 15A

✓ **Pour une alimentation de puissance de 17W**

- A) Panneau Solaire de 50W
- B) Batterie de 50Ah
- C) Régulateur de 10A

✓ **Pour une alimentation de puissance de 15W**

- A) Panneau Solaire de 30W
- B) Batterie de 30Ah
- C) Régulateur de 5A

Après cette étude nous avons cherché le dimensionnement de chaque panneau et la programmation été comme suit :

**1.2.9.2. Panneau solaire de 155 W :**

**A.1. Les caractéristiques de panneau PV de 155W :**

Pour avoir cette fenêtre (figure 11) qui présente les caractéristiques du panneau solaire de 155W, on clique sur module PV de la base de données composants illustré dans la figure précédente (figure 11) et ont choisi PV 155W/18V Technologie : Poly-cristallin pour obtenir cette fenêtre qui montre les données de base du panneau PV choisi :

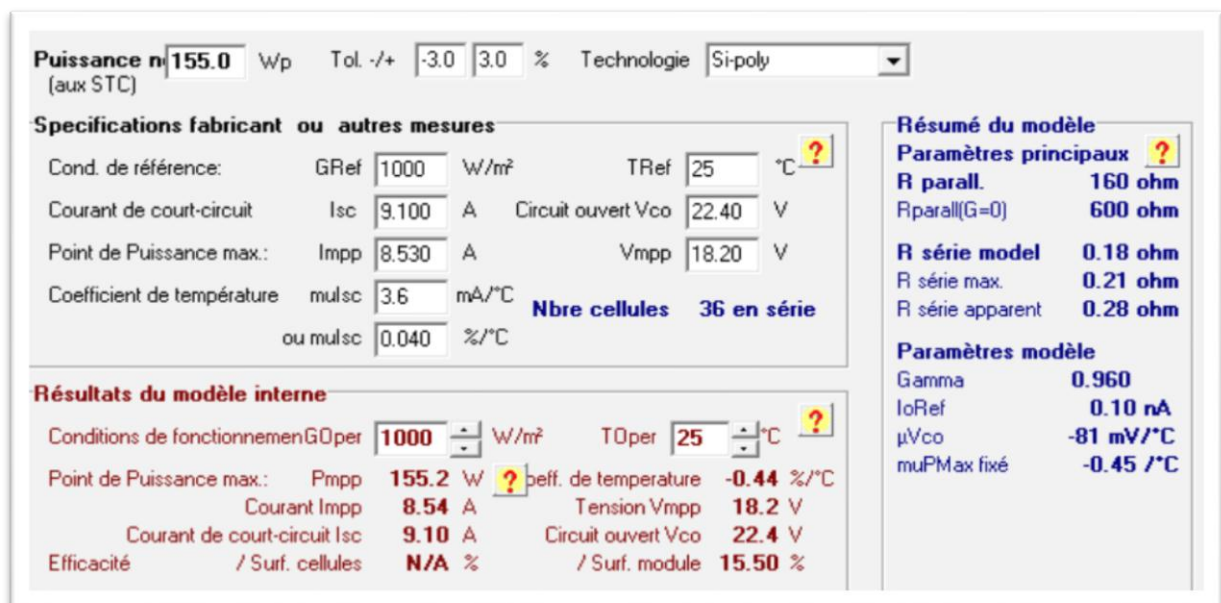


Fig 11 : Caractéristiques pour panneau solaire de 155W [ENIE]

✓ **Le dimensionnement de panneau PV 155W :**

Dans la même fenêtre on trouve une fenêtre « Dimension et technologie » qui montre le dimensionnement du panneau, elle est illustrée dans la figure 12 :

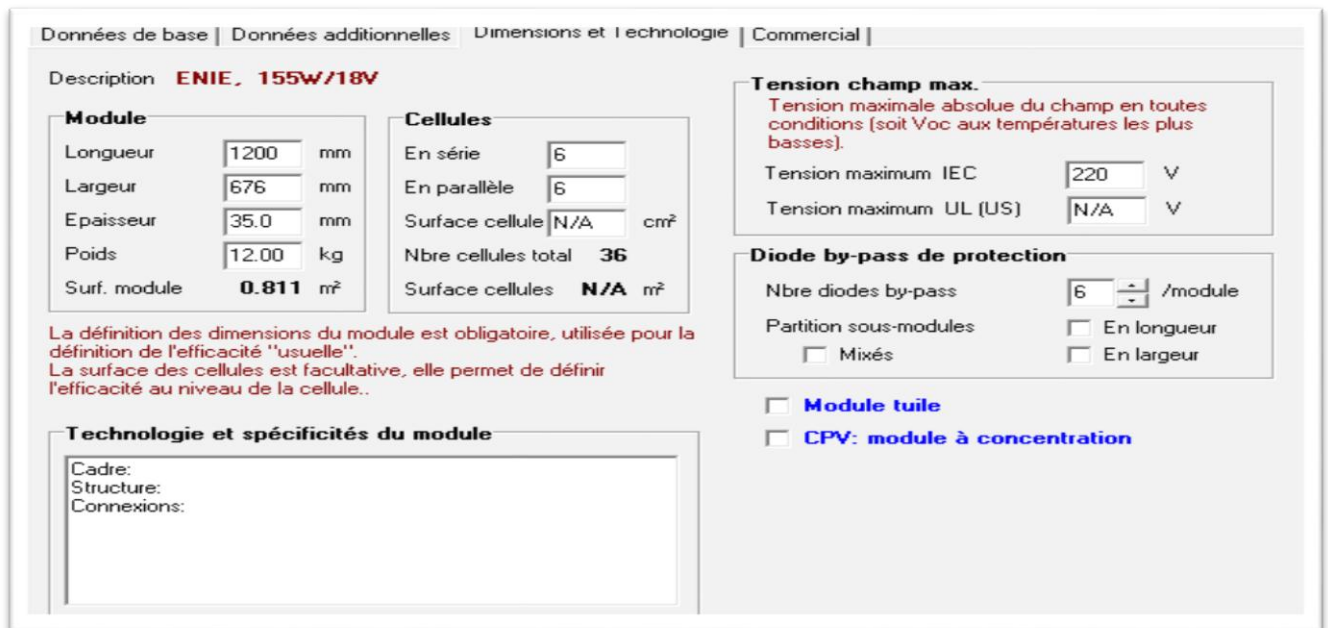


Fig 12 : Dimensionnement de panneau PV 155W

Comme on trouve dans la même fenêtre « Graphique » tous les types de courbes et ces paramètres obtenus du panneau PV 155W qui sont donnés dans la (figure 13) on clique sur « Graphe complet » pour apercevoir la courbe illustrée dans la (figure 14).

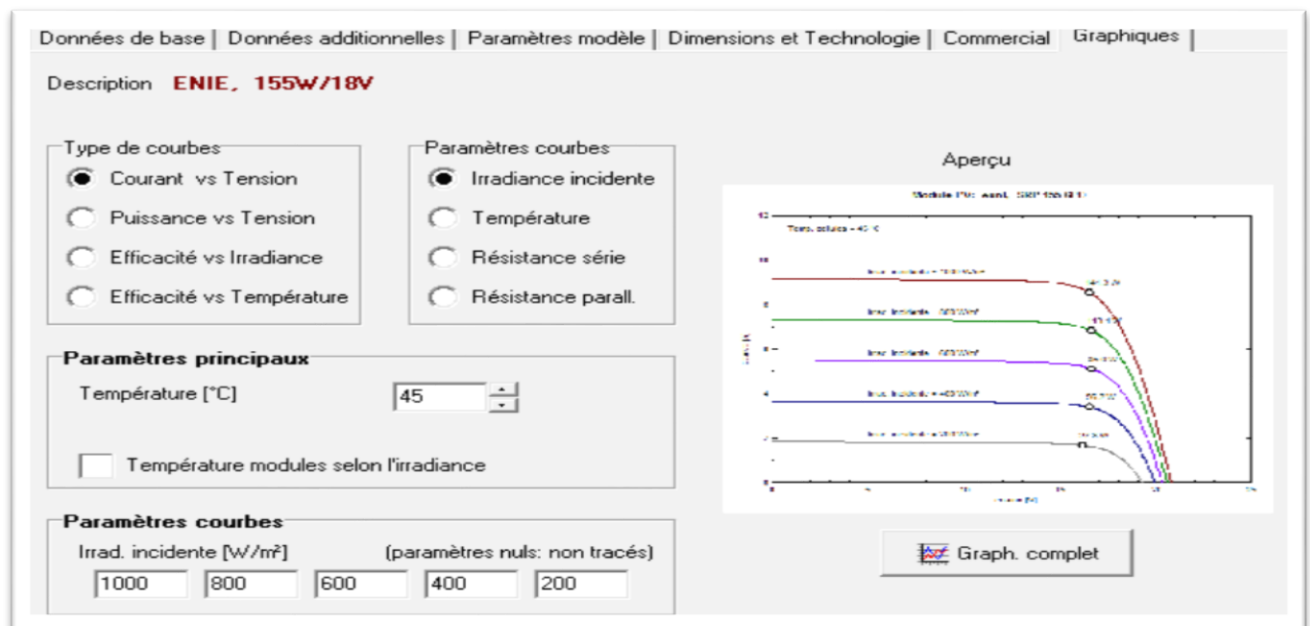


Fig 13: Graphiques.

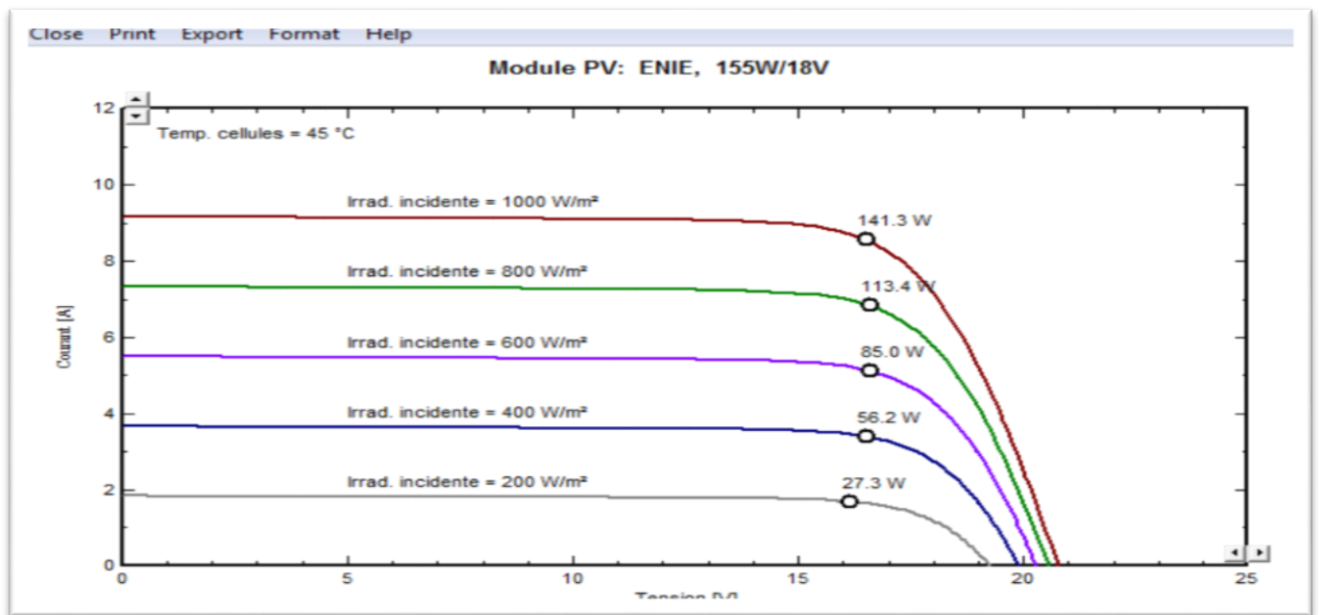


Fig 14 : Aperçu du graphe

### B.1. Caractéristique de batterie pour le panneau PV 155W :

D'après la fenêtre de la figure 10, on clique sur l'icône batterie de base de données composante fait apparaître la fenêtre de la figure 15 dans laquelle on choisit la batterie adaptable au panneau solaire de 155W.

Basic Data | Detailed model parameters | Commercial data | Graphs

Model: BATTR12-120 Ah | Manufacturer: ENIE

File name: BTR S12V\_120Ah.BTR | Data Source: PROD2017

Technology: Pb-acide, scellée, AGM

**Basic parameters**

Number of Elements	2
Nominal Voltage	4.0 V
Nominal Capacity (C10)	120 Ah
Internal Resistance	1.20 mOhm
Coulombic Efficiency	97.0 %

**Indicators**

Stored energy (80% DOD)	0.38 kWh
Specific energy	13 Wh/kg
Specific weight	76 kg/kWh

**Sizes**

Width	340 mm
Depth	160 mm
Height	281 mm
Weight	29.0 kg

Values:  Per element,  Whole battery

Buttons: Export to Table, Print, Cancel, OK

Fig 15 : Caractéristique de batterie du 120Ah

### C.1. Caractéristique de régulateur pour le panneau PV de 155W :

D'après la fenêtre de la figure 10 on clique sur régulateur de charge de base de données composant fait apparaître la fenêtre de la figure 16 dans laquelle on choisit le régulateur adaptable au panneau solaire de 155W.

Fig 16 : Caractéristique de régulateur 15A

#### 1.2.9.3. Panneau solaire de 50 W :

##### A.2. Les caractéristiques de panneau PV de 50W :

La même démarche qu'on a fait pour le panneau de 155W on le faire pour le panneau de 50W en premier temps on doit choisir le module du panneau solaire de 50W , on clique sur module PV de la base de données composants illustré dans la figure précédente (figure 11) et on choisit PV 50W/12V Technologie : Poly-cristallin pour obtenir cette fenêtre qui montre les données de base du panneau PV choisit :

Fig 17 : Caractéristique du panneau solaire de 50W

- Technologie : Poly-cristallin
  - $I_{cc} = 4,1A$
  - $V_{mp} = 17V$
  - Nombre de cellule : 12 cellules
- ✓ **Dimensionnement de panneau PV de 50W :**

Dans la même fenêtre on trouve une fenêtre « Dimension et technologie » qui montre le dimensionnement du panneau, elle est illustrée dans la figure 18 :

Fig 18 : Dimensionnement du panneau PV de 50W

### **B.2 Caractéristique de batterie pour panneau PV 50W :**

D'après la fenêtre de la figure 10 on clique sur batterie de base de données composant fait apparaître la fenêtre de la figure 19 dans laquelle on choisit la batterie intégré de 50 Ah qu'elle est adaptable au panneau solaire de 50W.

Fig 19 : Caractéristique de la batterie

### C.2. Caractéristique de régulateur pour panneau PV 50W :

D'après la fenêtre de la figure 10 on clique sur régulateur de charge de base de données composant fait apparaitre la fenêtre de la figure 20 dans laquelle on choisit le régulateur adaptable au panneau solaire de 50W.

Fig 20 : Caractéristique du régulateur de 10A

#### 1.2.9.4. Panneau solaire de 30 W :

### A.3. Les caractéristiques de panneau PV de 30W :

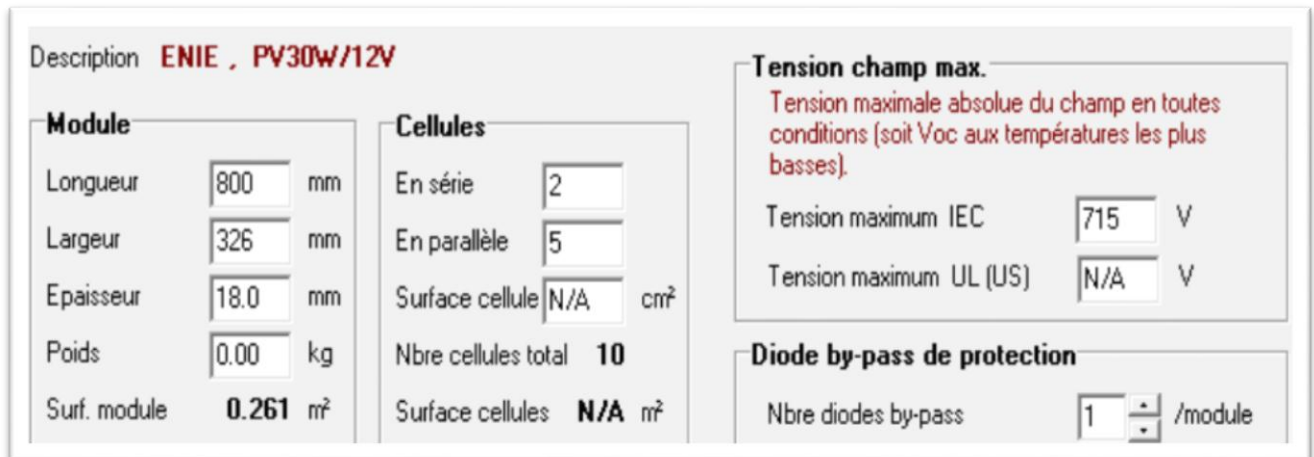
On marche sur les mêmes démarche précédents qu'on a fait pour le panneau de 155W et 50W on le faire pour le panneau de 30W en premier temps on doit choisir le module du panneau solaire de 30W, on clique sur module PV de la base de données composants illustré dans la figure précédente (figure 11) et ont choisi PV 30W/12V Technologie : Poly-cristallin pour obtenir cette fenêtre qui montre les données de base du panneau PV choisi :

Fig 21 : Caractéristique de panneau PV pour 30W



✓ **Dimensionnement de panneau PV 30W :**

Dans la même fenêtre on trouve une fenêtre « Dimension et technologie » qui montre le dimensionnement du panneau, elle est illustrée dans la figure 18 :

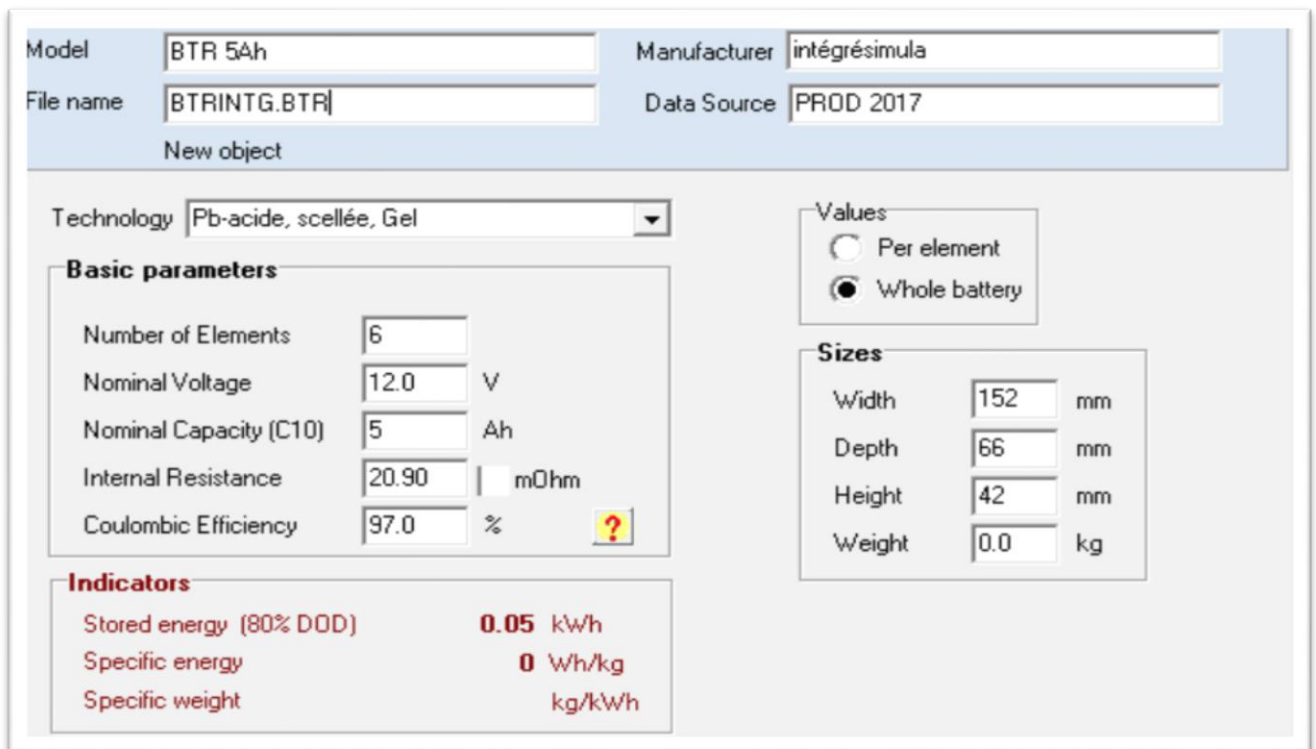


Description		ENIE , PV30W/12V	
<b>Module</b>			
Longueur	800	mm	
Largeur	326	mm	
Epaisseur	18.0	mm	
Poids	0.00	kg	
Surf. module	0.261	m²	
<b>Cellules</b>			
En série	2		
En parallèle	5		
Surface cellule	N/A	cm²	
Nbre cellules total	10		
Surface cellules	N/A	m²	
<b>Tension champ max.</b>			
Tension maximale absolue du champ en toutes conditions (soit Voc aux températures les plus basses).			
Tension maximum IEC	715	V	
Tension maximum UL (US)	N/A	V	
<b>Diode by-pass de protection</b>			
Nbre diodes by-pass	1	/module	

Fig 22 : Dimensionnement de panneau PV 30W

**B.3. Caractéristique de batterie pour panneau PV 30W :**

D'après la fenêtre de la figure 10 on clique sur batterie dans base de données composant fait apparaitre la fenêtre de la figure 23 dans laquelle on choisit la batterie intégré de 5 Ah qu'elle est adaptable au panneau solaire de 30W.



Model		BTR 5Ah	
Manufacturer	intégrésimula		
File name	BTRINTG.BTR		
Data Source	PROD 2017		
New object			
Technology	Pb-acide, scellée, Gel		
<b>Basic parameters</b>			
Number of Elements	6		
Nominal Voltage	12.0	V	
Nominal Capacity (C10)	5	Ah	
Internal Resistance	20.90	mOhm	
Coulombic Efficiency	97.0	%	?
<b>Values</b>			
<input type="radio"/> Per element <input checked="" type="radio"/> Whole battery			
<b>Sizes</b>			
Width	152	mm	
Depth	66	mm	
Height	42	mm	
Weight	0.0	kg	
<b>Indicators</b>			
Stored energy (80% DOD)	0.05 kWh		
Specific energy	0 Wh/kg		
Specific weight	kg/kWh		

Fig 23 : Caractéristique de batterie 5Ah

### C.3. Caractéristique du régulateur pour panneau PV 30W :

D'après la fenêtre de la figure 10, on clique sur régulateur de charge dans la base de données composante fait apparaître la fenêtre de la figure 24 dans laquelle on choisit le régulateur adaptable au panneau solaire de 30W.

The screenshot shows a configuration window for a 5A regulator. It includes the following sections and settings:

- In Blue: values defined for the system**
- Device general features:** Technology: uP, Series transistor; Data Display: No display
- Control kind:** Battery Voltage (selected), SOC based
- Back-up genset:** Managed, Effectively used
- Electrical characteristics:** Max. charging current: 5.0 A; Max. discharging current: 8.0 A; Self consumption: 6.0 mA; Night consumption: 6.0 mA
- Battery Temperature compensation:** Type: Internal sensor; Correction coefficient: -4.7 mV/°C; Reference temperature: 20 °C
- Associated Battery Pack Voltage:** Nominal battery voltage: 12 V; Switchable 2nd voltag: unchecked; Battery Technol.: Pb-acide, general

Fig 24 : Caractéristique de régulateur de 5A

### Discussions et conclusion :

D'après la programmation et les recherches qu'on a fait on trouve que le panneau PV 50W c'est le panneau le plus adaptable pour notre réalisation, mais puisque dans le marché algérien on ne trouve pas les modules Peltier dans ces différentes catégories et les cellules photovoltaïques ne sont pas tous disponibles dans des grandes puissances (8W) donc on ne peut pas le réaliser, car notre module Peltier sa puissance (65W) et pour l'alimentation il faudra un panneau solaire de 155W et d'après le programme et les cellules disponibles en Algérie il sera un panneau assez grand (1482x676x35) mm .

Pour cela nous avons décidé d'alimenter notre module Peltier avec un générateur de PC d'une puissance de 180W et tension de 12V.

### 1.2.10. Étude de la trajectoire du soleil à Tlemcen :

D'après l'inter face du programme donné par ENIE, qui été illustré dans la figure 10, on clique sur le champ site géographique qui fait apparaitre de google Maps puis on se positionne sur le lieu concerné ici c'est Tlemcen qui nous donne la figure 25 suivant :

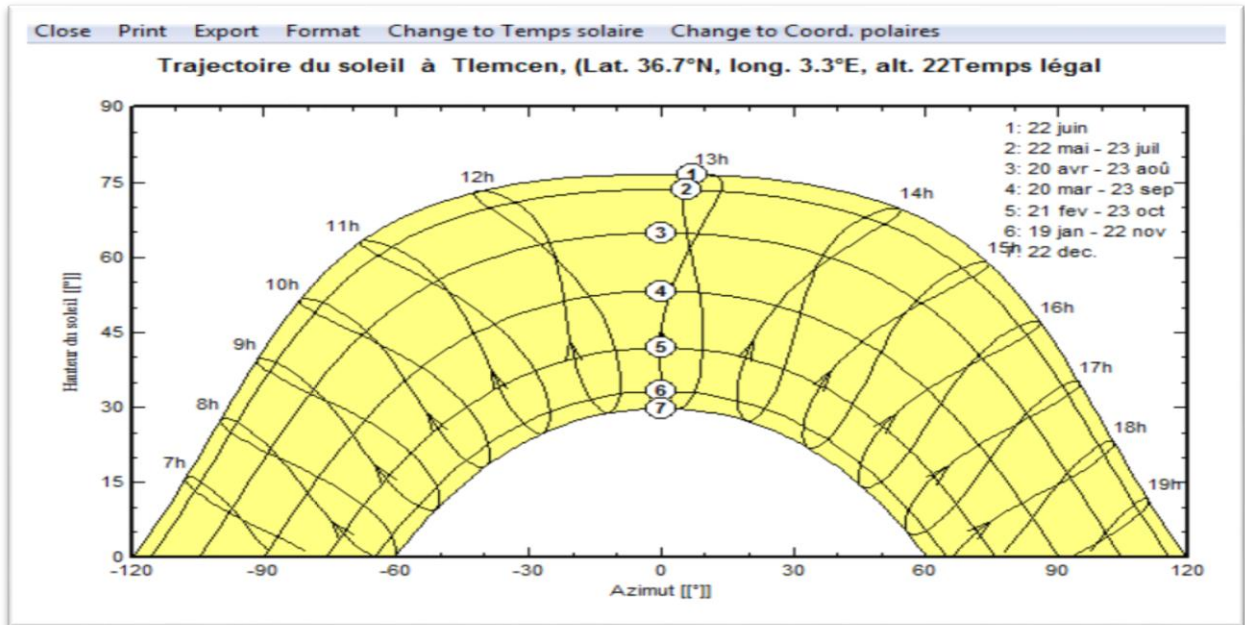


Fig 25 : Étude trajectoire de soleil à Tlemcen

Reprenons cette dernière et on cherche notre positionnement, puis le temps légal (heure) et le mois comme illustré dans la figure suivante :

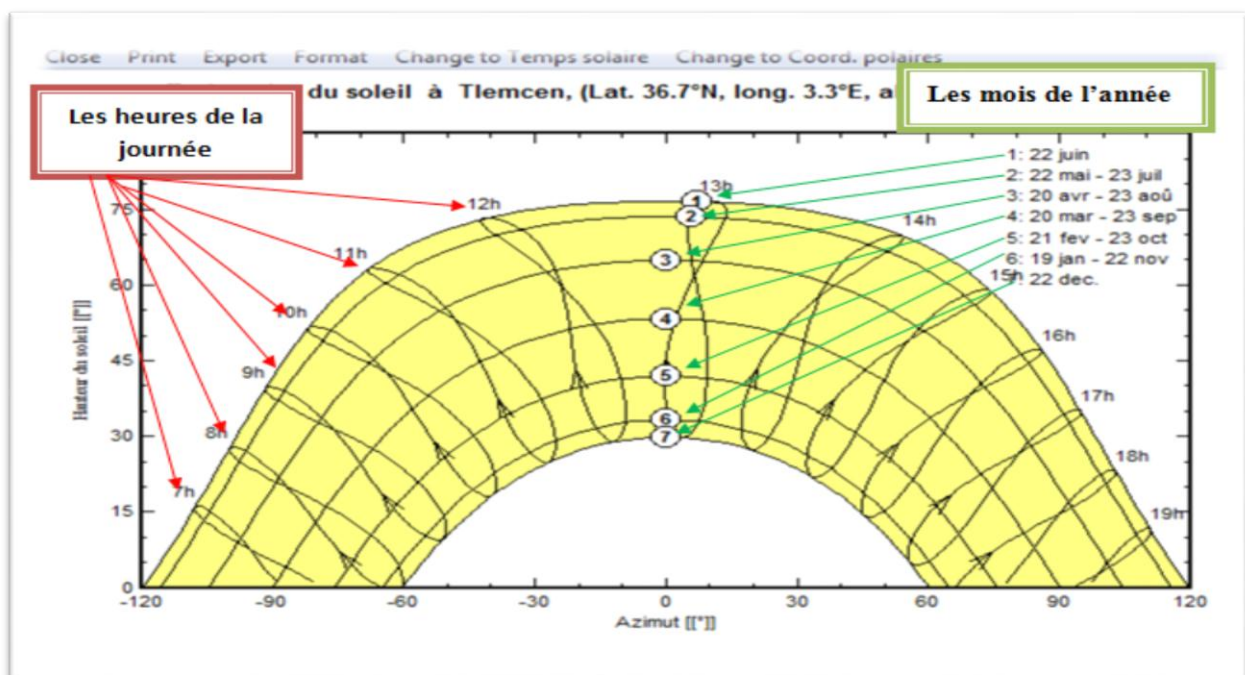


Fig 25.a : Explication de la lecture de la trajectoire du soleil

Comme un titre exemple, si nous voulons déterminer la position du soleil le 20 mars à 10 heures, il suffit de lire sur le graphe l'azimut et la hauteur correspondant au point d'intersection entre la ligne associée au 20 mars et la ligne associée à 10 heures et on trouve :

✚ Lat 37°N, long -57°E

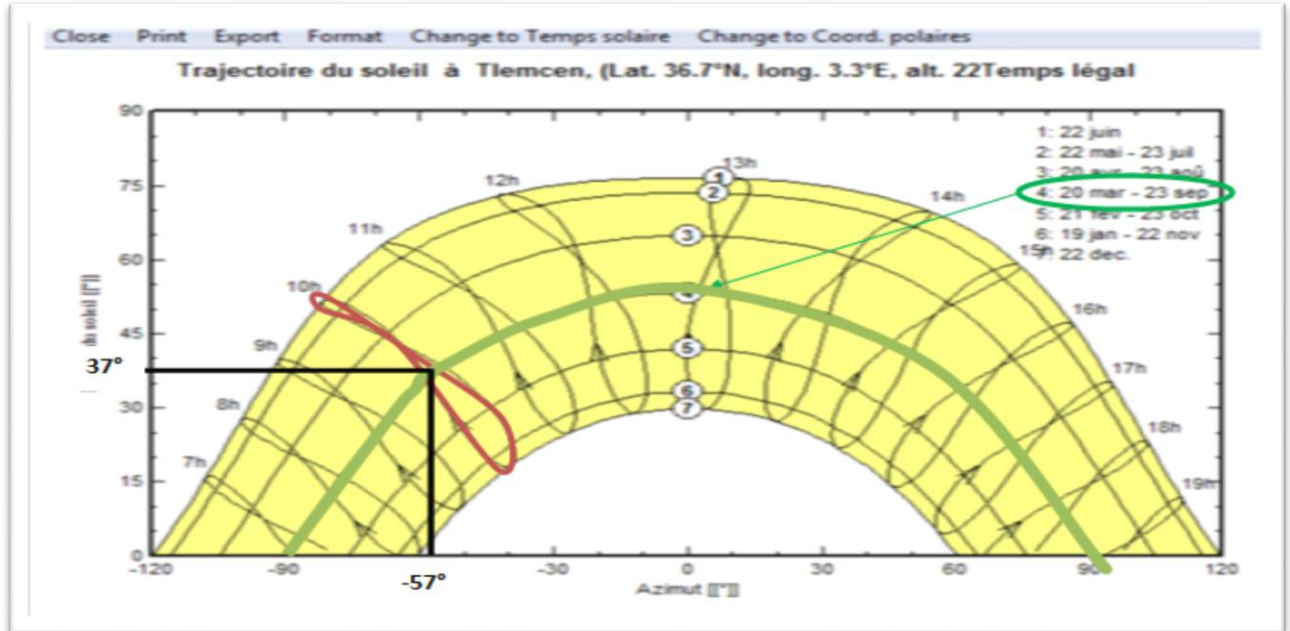


Fig 25.b : Explication avec un exemple

### 1.2.11. Processus de fabrication d'un panneau photovoltaïque :

Après les résultats de programme trouvés on fabrique un module solaire de (400x300x35) mm alors on le fabrique manuellement pour notre prototype de glacière et pour un panneau solaire le procédé est comme suit :

#### ETAPE 1 : préparation des composants du panneau :

##### A. Nettoyage du verre (Glass washer) :

Le Spi-Glass Washer lave le verre trempé à l'aide des brosses rotatives en haut et en bas, et un système de pompage qui pulvérise une solution d'eau chaude et détergente. Puis elle le fait rincer par un liquide de rinçage, à la fin la machine sèche le verre grâce à un ventilateur centrifuge.

Le convoyeur transport les feuilles du verre (figure 26) en préparant pour les autres opérations de production, il est du caoutchouc afin de protéger le verre de marques et des rayures. [26]

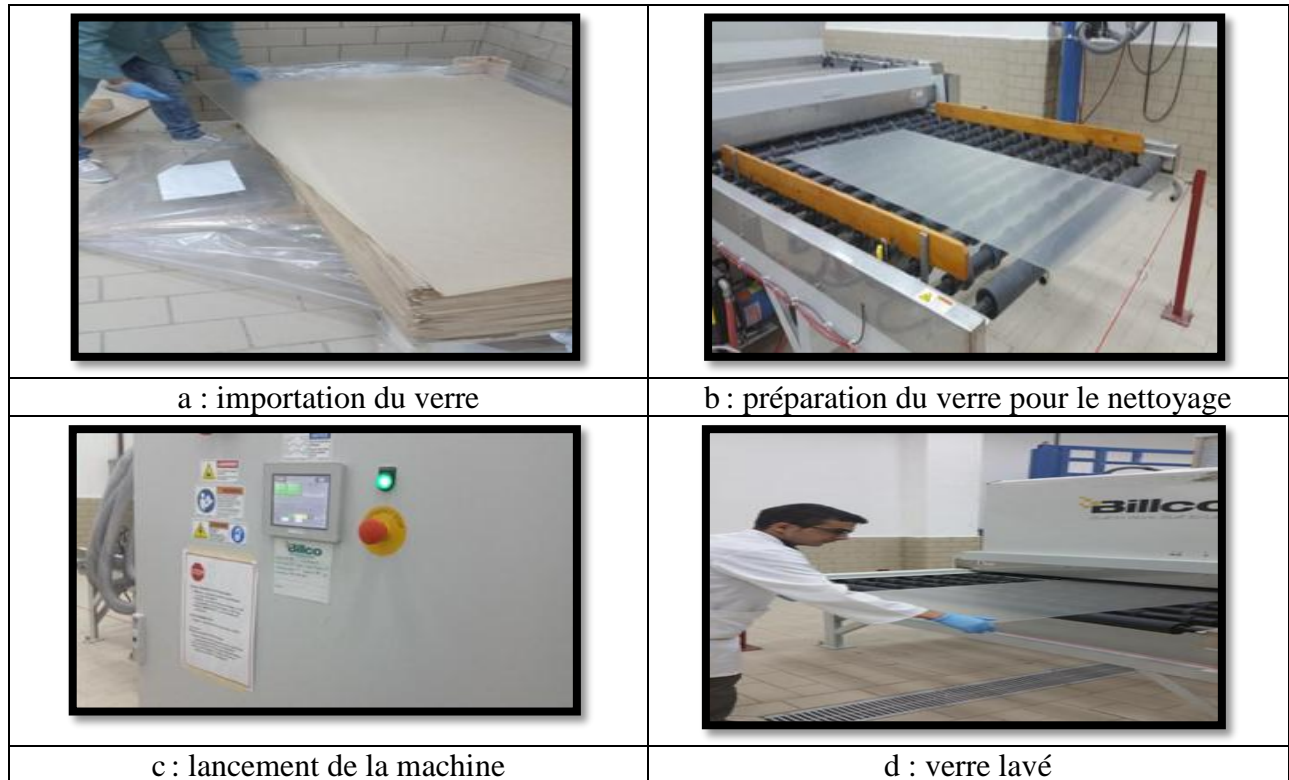


Fig 26: Nettoyage de verre

**B. Sélection des cellules (trialoge de cellule) :**

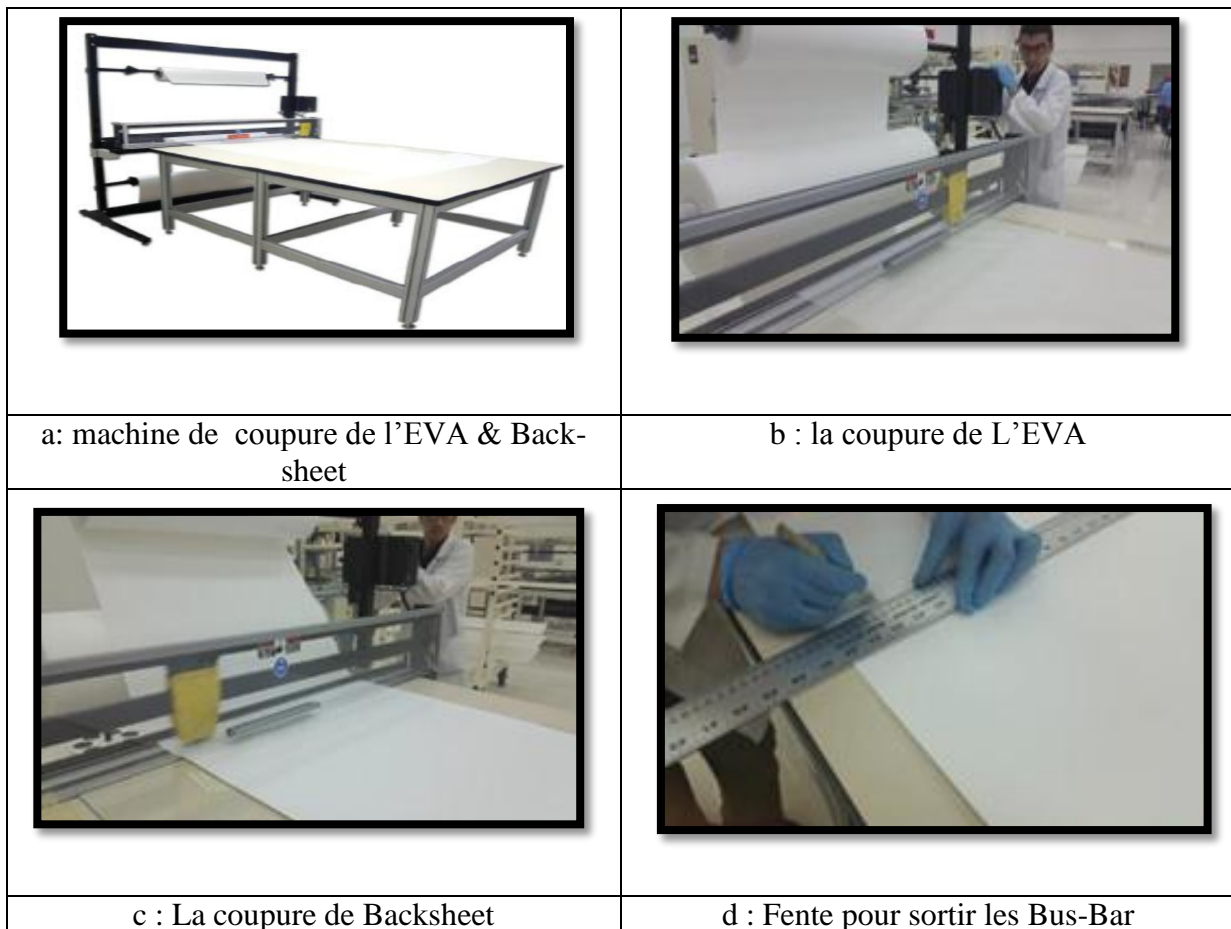
Le Spi-Cell Sorter trie les cellules photovoltaïques selon leur rendement électrique testé sous la lumière solaire simulée (une lampe au xénon pulsé avec un filtre optique fournit une correspondance étroite à la masse d'air 1,5 globale spectre solaire) illustrés dans la figure 27. A l'aide d'un logiciel convivial on peut ajuster l'intensité de la lampe, contrôler le processus de mesure et la gestion de cellule et acquiert des données sur le rendement cellulaire.



Fig 27 : Machine de sélection des cellules

**ETAPE 2 : La coupure de L'EVA & Backsheet :**

Le EVA Lay-up Station est un system de Rack rouleau est conçu pour permettre à l'opérateur de couper l'EVA et le BACK-SHEET aux dimensions déterminer, à l'aide d'un couteau piloté par commande pneumatique qui coupe avec précision [27], illustré par les photos de la figure

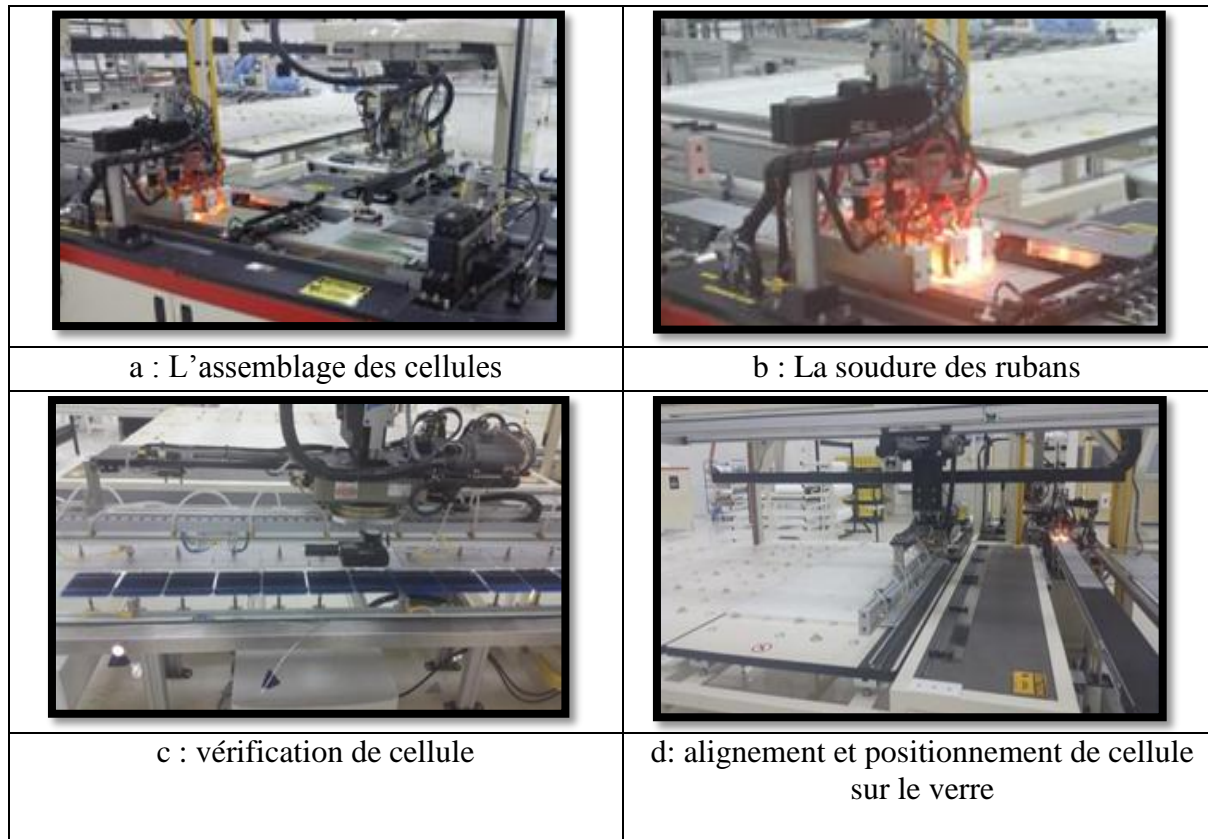


**Fig 28: Coupure de l'EVA et Back-sheet**

**ETAPE 3 : Assemblage des cellules en module :**

Le Spi-Assembleur™ 7000 sert à interconnecte les cellules solaires afin de construire des chaines. Elle décharge les cellules à partir de piles et aligne leurs bords, et à l'aide d'une lampe à haute intensité (infrarouge) qui fournit de l'énergie thermique rayonnante aux cellules et les rubans. Les deux contacts de la cellule avant et arrière sont soudés (comme une vague) en une seule étape, ce qui réduit la contrainte thermique sur les cellules. [28]

Le nombre de cellules par chaîne, l'espacement des cellules, la longueur du ruban, et les paramètres de soudage sont programmables par logiciel. Chaque chaîne terminée est automatiquement placée sur le verre trempé illustré par les photos de la figure 29.



**Fig 29: Assemblage des cellules**

**ETAPE 4 : Connexion électrique :**

La soudure faite manuellement par les opératrices à l'aide de la **manual bussing station**, c'est une table de boucle avec des outils de soudure, coupure et des rubans afin d'interconnectée les chaînes de cellules aux extrémités montré dans les photos de la figure 30. Une bande isolante en EVA et backsheet est placée entre les bus-bar pour éviter le court-circuit. [29]

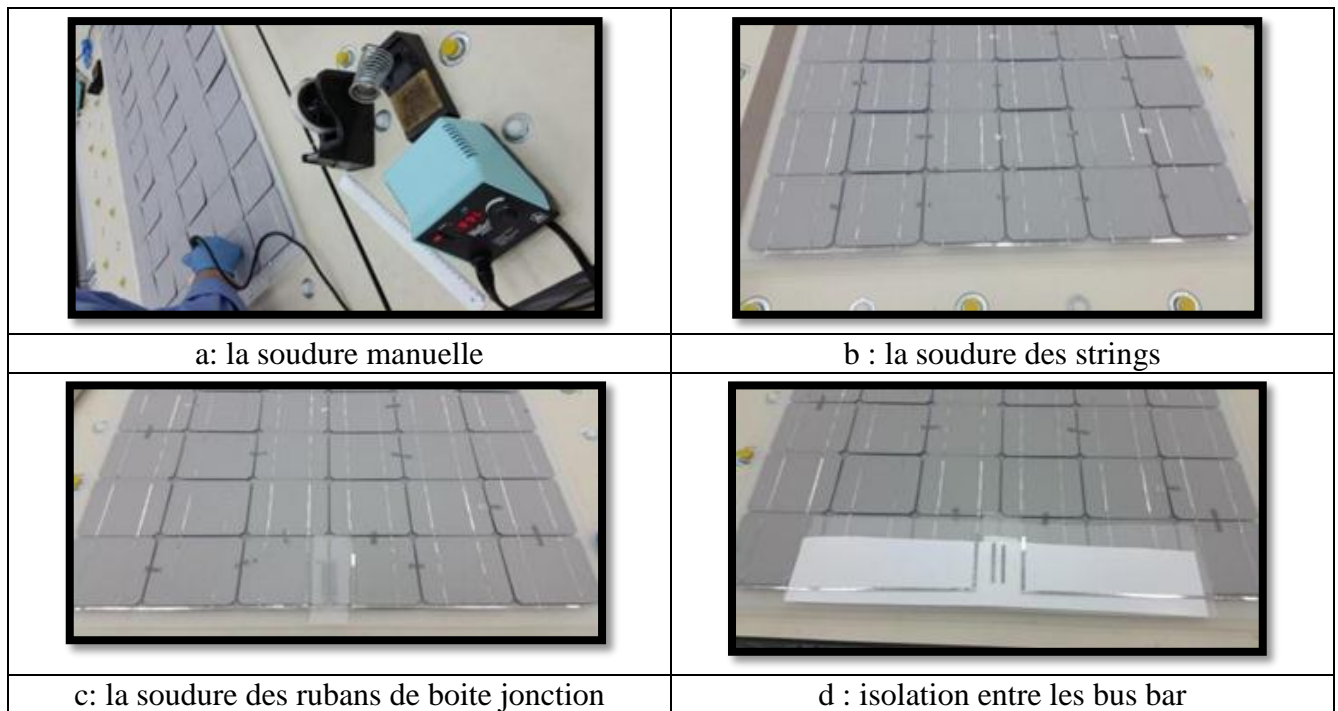


Fig 30: Connexion électrique

**ETAPE 5: Test du courant-tension (Dark Iv) :**

La station d'inspection manuelle comprend une table à billes pour positionner et déplacer facilement le module. Les lampes fournissent un rétro éclairage pour nous aider à déterminer les défauts visuellement, tels que les fissures ou des débris dans le module. Ces inspections, minimisent le plus possible le laminage des produits défectueux ou mal assemblés. [31]

Une alimentation avec clip mène est utilisée pour mesurer les caractéristiques du module. Ce test vérifier la bonne soudure montré par les photos de la figure 31 et le placement de polarité appropriée des chaînes.

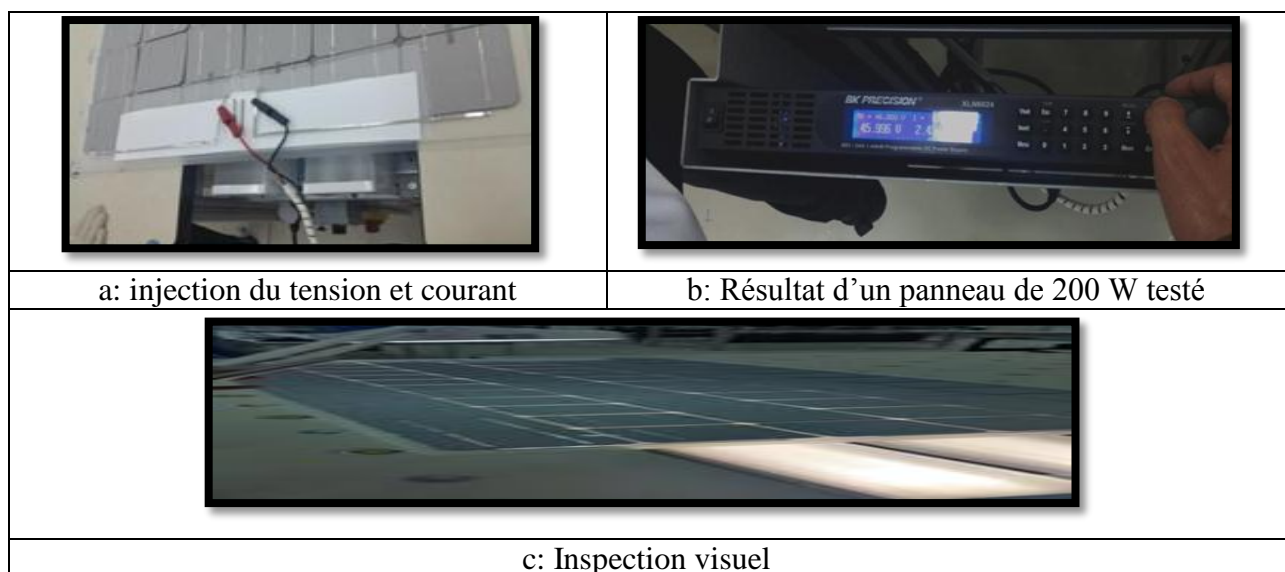


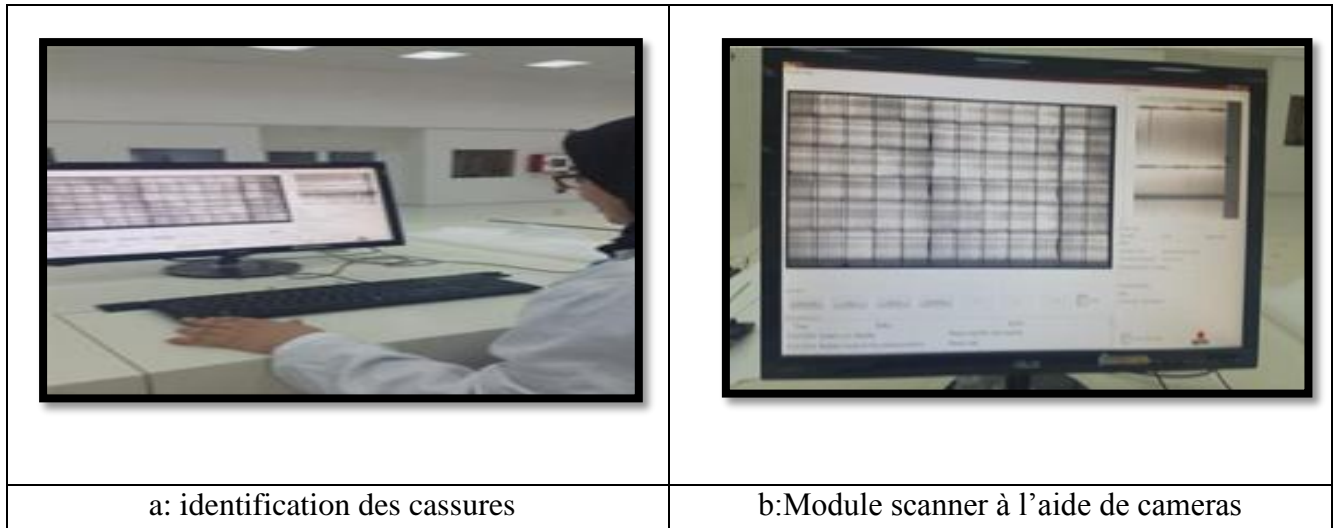
Fig 31 : Test Dark Iv



**ETAPE 6: Tester les modules par Electroluminescence :**

**Spi-EL™ Electroluminescence Solar Module Tester** sert à identifier les microfissures et d'autres défauts invisibles dans les modules, grâce à des caméras CCD qui capture l'image de chaque cellule solaire avec des résolutions plus fines (image de 60 méga pixels). [32]

Les systèmes intègrent une interface informatique conviviale pour une utilisation facile et offrent la possibilité de connexion électrique automatique au module, illustré par les photos de la figure 32.



**Fig 32 : Electroluminescence**

**ETAPE 7 : Stratification :**

**SPI-éliminateur** : cette machine interconnecte tous les composants du module, ils seront laminés dans une chambre de traitement à une température de 150°C, et des capacités de pression pneumatique, qui sont commandés de façon indépendante pour fournir des conditions de traitement optimales pour les matériaux. [33]

La machine est équipée d'un système de verrouillage supérieur pour prévenir les blessures de l'opérateur, illustré par les photos de la figure 33 :

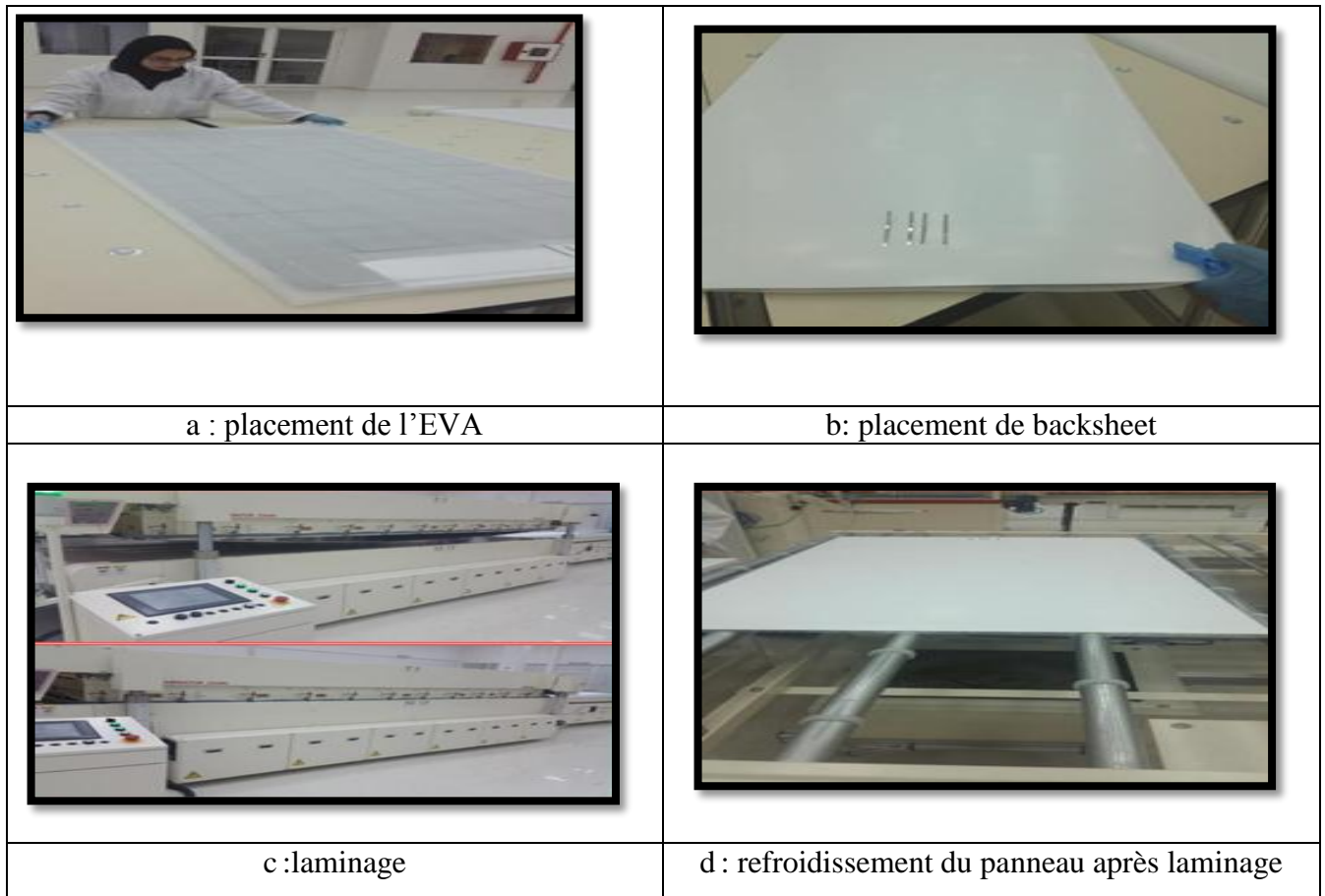
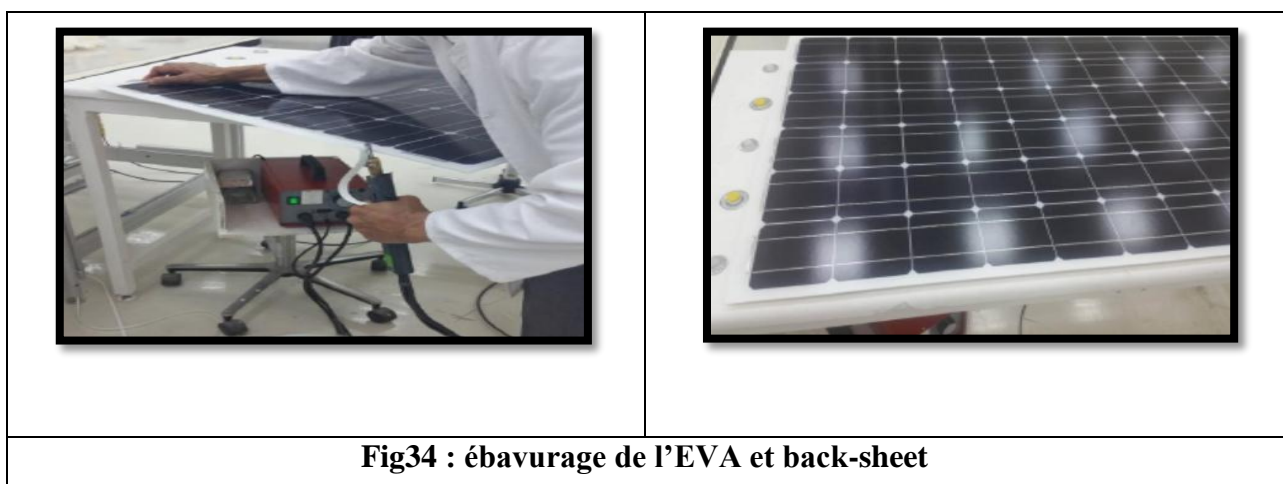


Fig 33: Stratification

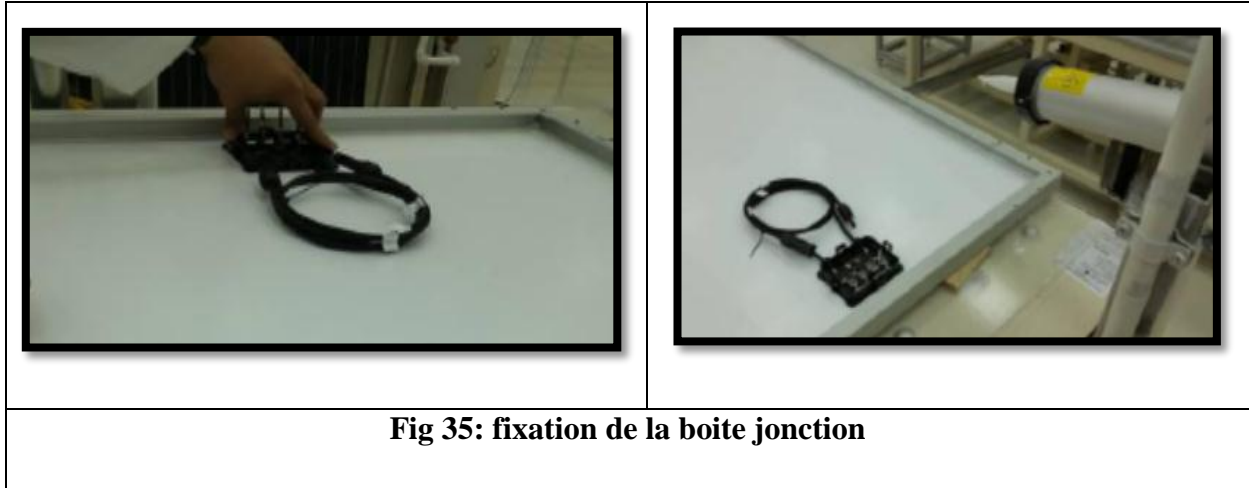
**ETAPE 8 : Ebavurage de l'EVA et Back-sheet :**

**Manual Edge Trimming station** est une station d'ébavurage de l'EVA et le back-sheet qui se prolongent au-delà de bord du verre. Une table à billes permet un positionnement facile du module, et un couteau chaud permet alors à l'opérateur d'enlever facilement les matériaux [34] excédentaires à partir du bord, illustré par les photos de la figure 34.



**ETAPE 9: Installation de la boîte jonction :**

La station d'installation manuelle J-Box comprend une table et des outils qui permet le positionnement et la fixation de la boîte de jonction sur la surface arrière du module, ainsi que la fixation des bus-bar dans les onglets de la boîte de jonction, [35] illustré par les photos de la figure 35.

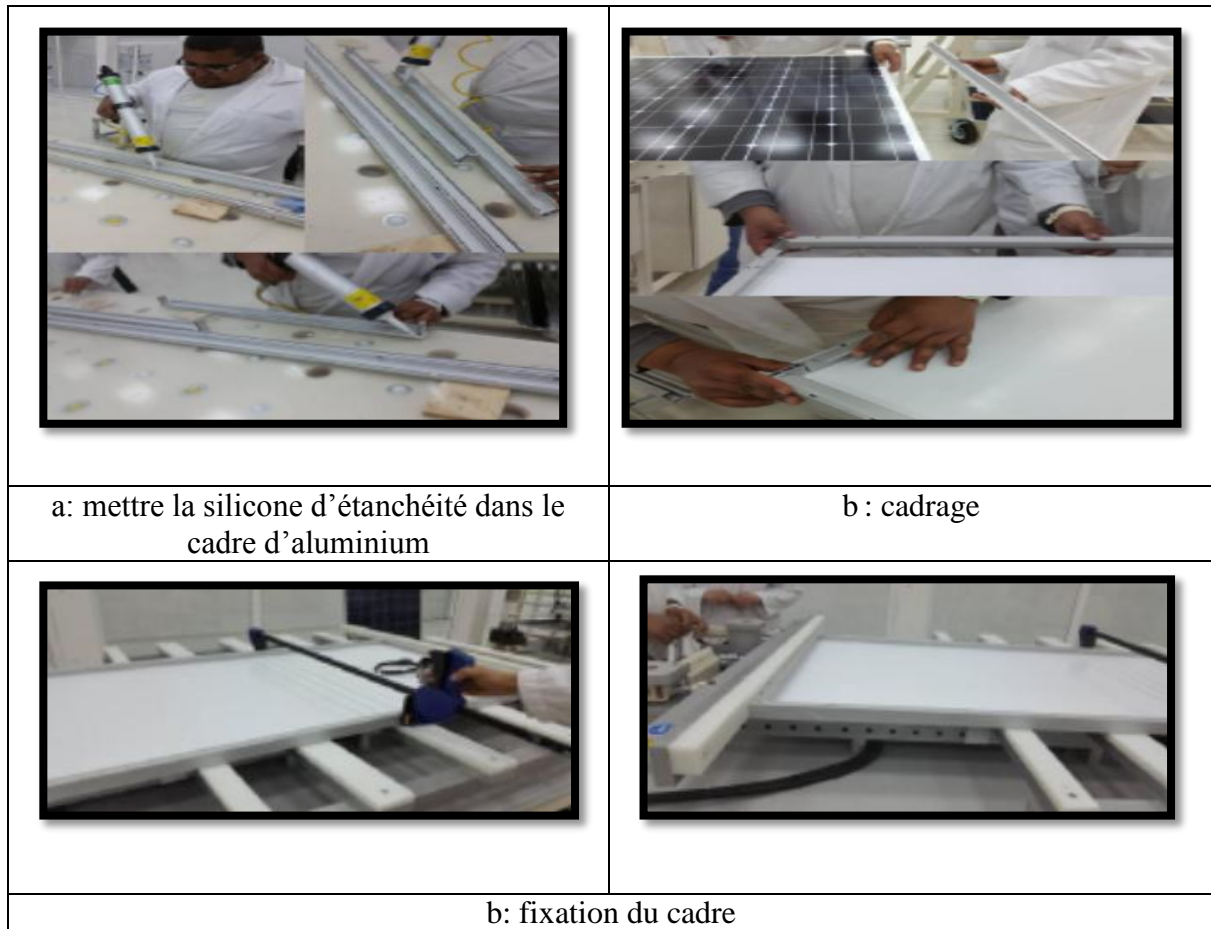


**ETAPE 10 : cadrage :**

Les couches laminaires sont mise sur une table rotative (tourne à 360°), et elle se soulève pour le séchage et descend pour presser.

Le **Spi-Frame Press** [36] comprend un frein à commande pneumatique bloque la rotation, ce qui permet à l'opérateur d'appliquer la silicone sur les bords du module sans changer de position.

Des presses à commande hydraulique fixe le cadre d'aluminium autour du module, afin de protéger les bords du verre contre les conditions environnementales, illustré par les photos de la figure 36.

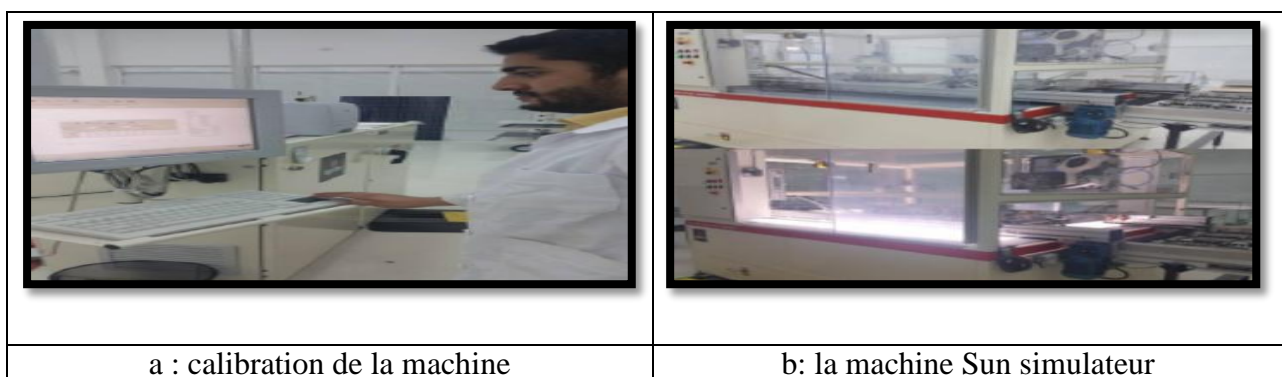


**Fig 36 : Cadrage**

**ETAPE 11 : Sun simulation :**

Le **Spi-Sun Simulator** permet à l'opérateur de tester la performance du module, à partir d'un module de référence, impression d'étiquette et de la fiche des caractéristiques du module avec leur courbe. [37]

Le convoyeur est spécialement conçu pour éviter l'ombrage à travers le plan de test qui maintient des données précises pour le courant, la tension et la puissance maximale, montré par les photos de la figure 37



**Fig 37: Simulation**

### 1.3. Logiciels utilisés :

La réalisation de notre projet fin d'étude se consiste à faire une programmation au glacière dans le but de simplicité et la facilité de la programmation, car on trouve plusieurs langages qu'ont été évolués dans le temps.

Alors d'après les recherche le compilateur le plus adapté aux Arduino Uno, on trouve le Micro Basic , Arduino ,et pour la simulation on trouve le logiciel( PROTEUS ISIS),

#### 1.3.1. Logiciel « Arduino » :

C'est une application Java, libre et multiplateformes, servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le firmware et le programme au travers de la liaison série (RS-232, Bluetooth ou USB selon le module). Il est également possible de se passer de l'interface Arduino, et de compiler les programmes via l'interface en ligne de commande.

Le langage de programmation utilisé est le C++, et lié à la bibliothèque de développement Arduino, permettant l'utilisation de la carte et de ses entrées/sorties.

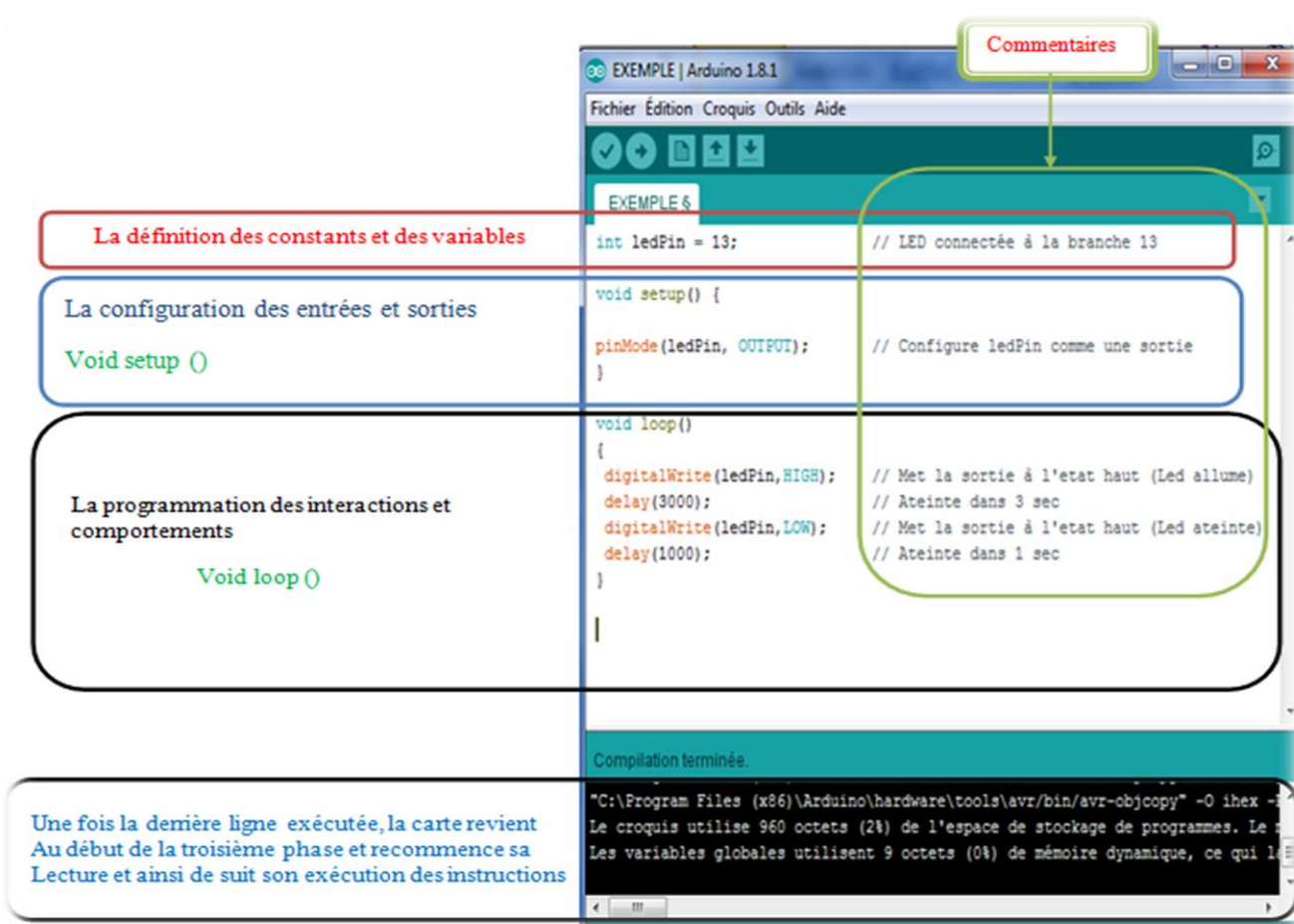
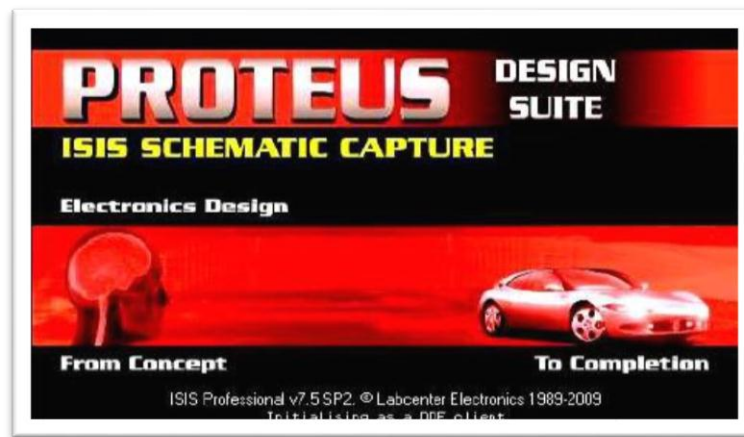


Fig 38 : Explication du programme avec langage de l'Arduino

### **1.3.2. Logiciel « PROTEUS ISIS » :**

Proteus est une suite de logiciels permettant la CAO électronique éditée par la société Labcenter Electronics donné dans la figure 39. Proteus est composé de deux logiciels principaux : ISIS permettant entre autres la création de schémas et la simulation électrique, et ARES dédié à la création de circuits imprimés.

Le fameux logiciel ISIS de Proteus est principalement connu pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler nos schémas ce qui permet de déceler certaines erreurs dès l'étape de conception. Indirectement, les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisés dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits.[38]



**Fig 39 : Interface du logiciel PROTEUS ISIS**

Par défaut ISIS inclut plusieurs bibliothèques des composants électroniques tel que les microcontrôleurs, Afficheurs, circuits analogique ou numérique, des actionneurs ... etc, mais l'Arduino n'en fait pas partie. Nous allons donc ajouter la bibliothèque Arduino à ISIS, afin de pouvoir simuler notre système [38].

#### **1.4. Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons montrés une brève démonstration sur les éléments utilisés pour la glacière. Comme nous avons fait des expériences sur notre matériel et nous avons fait le dimensionnement et les caractéristiques de performance techniques de panneau solaire qui été faite au niveau de laboratoire d'ENIE à SIDI BEL ABBAS, dans les critères suivantes :

- Le choix du profil de consommation (la charge résistive variable de  $2 \Omega / 65w$ ).
- Le flux de stockage d'énergie dans le système.
- Le type du convertisseur.
- Le type de panneaux photovoltaïques adaptables avec ses dimensions.
- Le type de système d'isolation adaptable.

Comme nous avons fait l'étude sur la trajectoire du soleil à Tlemcen, ainsi le processus de fabrication d'un panneau solaire car l'encapsulation de module photovoltaïque est dans le but de protégé les cellules solaires contre les conditions environnementales. La conception du module photovoltaïque se diffère en fonction de la puissance maximale voulue, C'est-à-dire pour atteindre une puissance quelconque on joue sur le nombre des cellules ainsi que le changement de la dimension du verre, EVA...etc.

Après l'encapsulation nous avons testé le module photovoltaïque avec la machine « Sun simulator».

Et à la fin de ce chapitre nous avons fait une recherche sur les logiciels utilisés pour la programmation et la simulation dans notre projet fin d'étude.



**Chapitre 02 :**  
**Programmation et simulation**



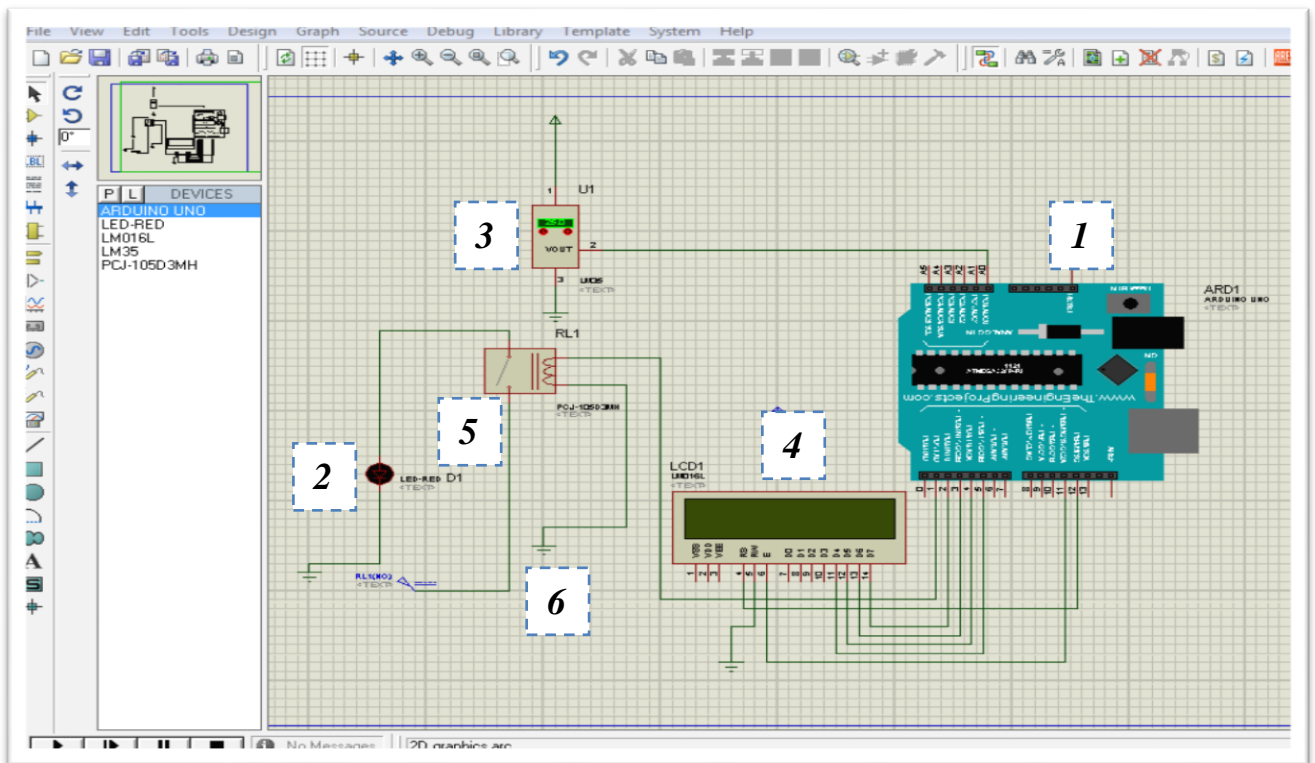
## 2.1. Introduction :

Après que nous avons vu les caractéristiques de la carte Arduino Uno et son langage de programmation, et comme nous savions comment utiliser le programme (Proteus ISIS), donc dans ce chapitre, Nous allons à programmer notre carte Arduino avec le logiciel « ARDUINO » et de faire la simulation sur Proteus ISIS pour la réalisation du projet fin d'étude.

## 2.2. Simulation et programmation :

### 2.2.1. Conception électrique avec le logiciel Proteus ISIS :

Le but de cette simulation c'est d'avoir si le programme proposer de bon fonctionnement ou pas car cette simulation son but c'est avoir l'allumage de LED quand le capteur de température dépasse une certaine température bien préciser (selon le programme dans la carte Arduino) qui sera afficher dans l'afficheur LCD et quand elle se diminue le relai va couper le courant, cette simulation illustrés dans la figure 1 :



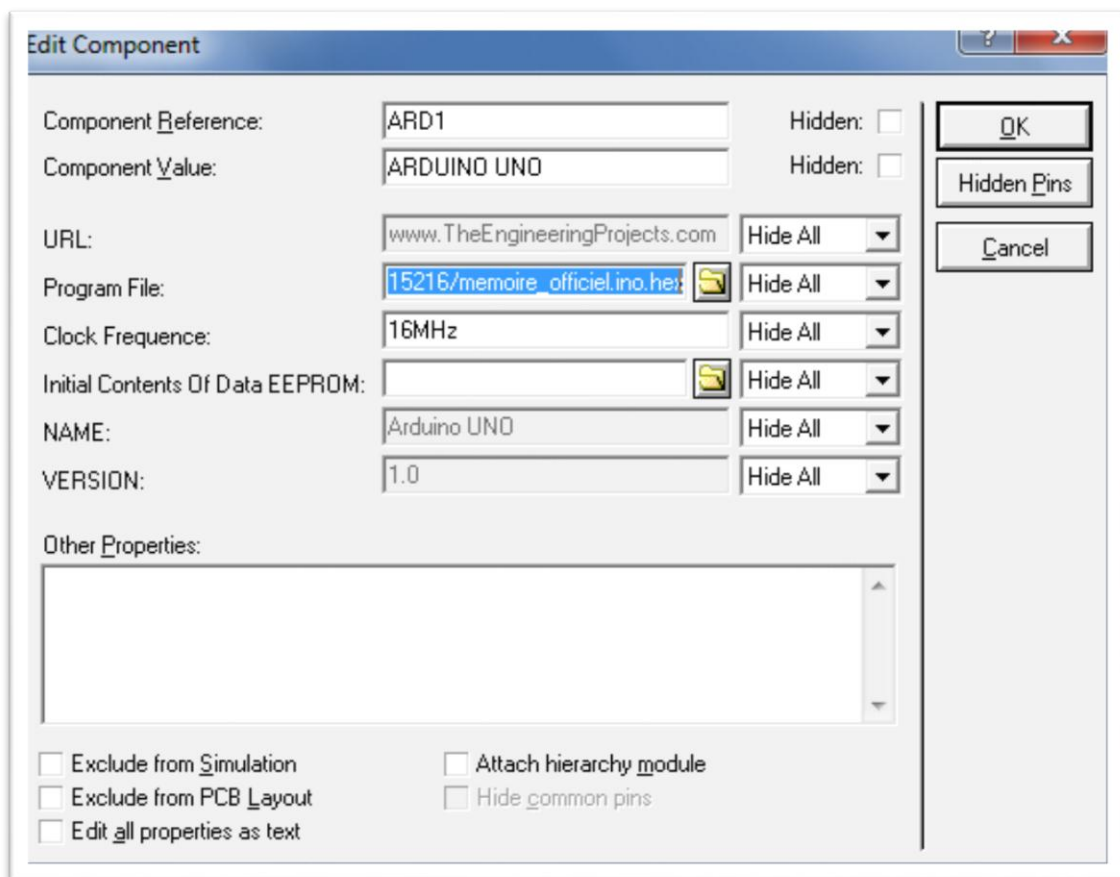
**Fig 1 : Plan du projet par le logiciel de simulations (Proteus) ISIS**

- 1- Arduino Uno.
- 2- LED (1 Rouge).
- 3- Capteur de température LM35
- 4- Afficheur LCD
- 5- Relais
- 6- Source de tension DC (5v et 12v)

### 2.2.2. Programmation de carte Arduino qui correspond à la conception électrique :

Dans cette partie nous avons écrit un programme qui permet à la carte Arduino Uno à bien commander et contrôler notre système électrique dans la caisse. Une fois le programme et faite et compiler et qu'on a s'assuré qu'il n'y ait pas d'erreurs. Nous cliquons sur l'icône (build projet). L'Arduino va compiler automatiquement le programme écrit en langage Arduino en programme langage machine avec l'extension HEX(FILE.HEX).

- Aller à la logiciel Isis et de la conception électrique.
- Double-cliquez sur Arduino Uno



**Fig 2 : Insérer le programme d'Arduino à la carte Arduino**

- Entrez sur (program file) et apportez le fichier (file.HEX) et appuyez sur ok comme illustré dans la figure 2.
- Maintenant le programme est chargé dans Arduino Uno.
- Assurez-vous que tous les fils sont connectés.

Ensuite :

- Cliquez sur le bouton (play)



**2.3. Principe de fonctionnement :**

Dans le chapitre précédent nous avons identifié en quoi consistent les deux logiciels utilisés, en effet nous avons décidé de ne pas mettre le détail de notre programme, il suffit l'explication du principe de notre programme car il fonction comme suite :

Le capteur (LM35) vas capter la température et donné l'information a l'Arduino et l'Arduino vas le passer information à l'afficheur LCD pour qu'il affiche le degré de température intérieur de la glacière et en même temps l'Arduino traite l'information s'il coupe le courant qui sort de relai pour que le module Peltier ne fonction pas et la température doit être entre 6°C et 8°C.

**2.4. Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons montrés le concept de circuit électrique sur le logiciel de simulation (Proteus ISIS) et leur principe de fonctionnement dans le programme de la carte Arduino.



**Partie 3 :**  
**Conception et réalisation de projet**



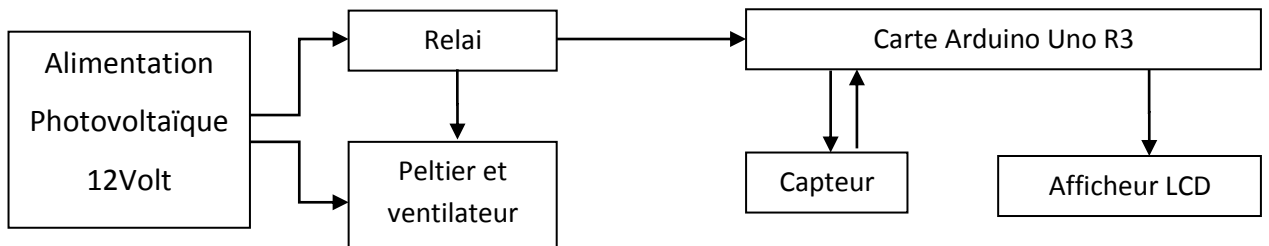
**Chapitre 01 :**  
**Élaboration de projet**

### 1.1. Introduction :

Une fois que nous avons fait l'étude théorique et expérimentale sur notre projet fin d'étude car nous avons beaucoup documenté sur notre système de refroidissement qu'est alimenté par le panneau solaire, comme nous avons cherché à savoir comment cela va fonctionner, et quels sont les éléments nécessaires pour cette réalisation

Pour cela nous avons procédé un organigramme pour notre système électrique afin de tenir la construction.

### 1.2. L'organigramme de système électrique :



### 1.3. Schéma synoptique sur frytzing:

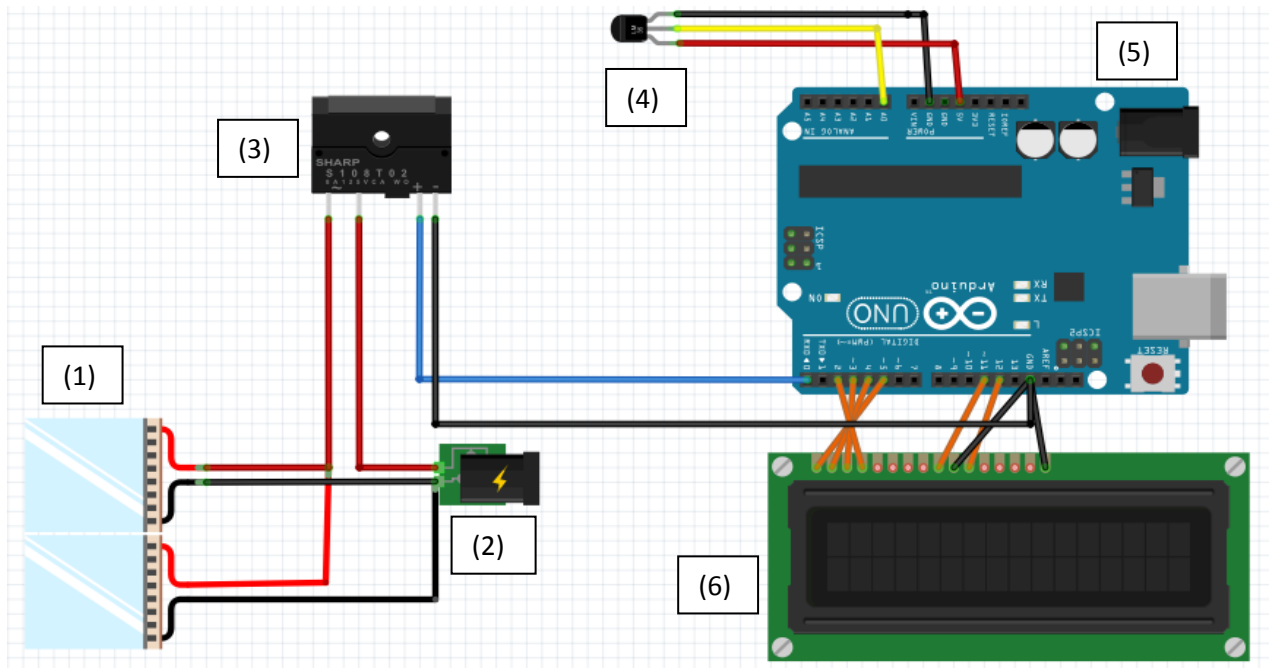


Fig1 : Schéma électrique avec les composants nécessaires

- 1) Module de Peltier
- 2) Alimentation 12V
- 3) Relai (jeux le rôle d'interrupteur)
- 4) Capteur LM35
- 5) Arduino UNO
- 6) Afficheur LCD

La figure 1 illustre le schéma électrique de différents composants dans le logiciel frytzing. Après alimentation du module Peltier avec le relais qui le commande.

Le module Peltier (1) est alimenté par la source (2), le relais (3) est relié avec (1) et l'Arduino (5).

Le capteur donne la température à la carte Arduino après traitement de données, le relais (3) peut couper, ou fermer le courant suivant un intervalle de la température.

#### 1.4. Montage de circuit:

Vu la non disponibilité de l'laboratoire d'électricité et après l'étude et préparation des composants pour la réalisation nous avons fait le montage illustré dans les trois figures suivantes :

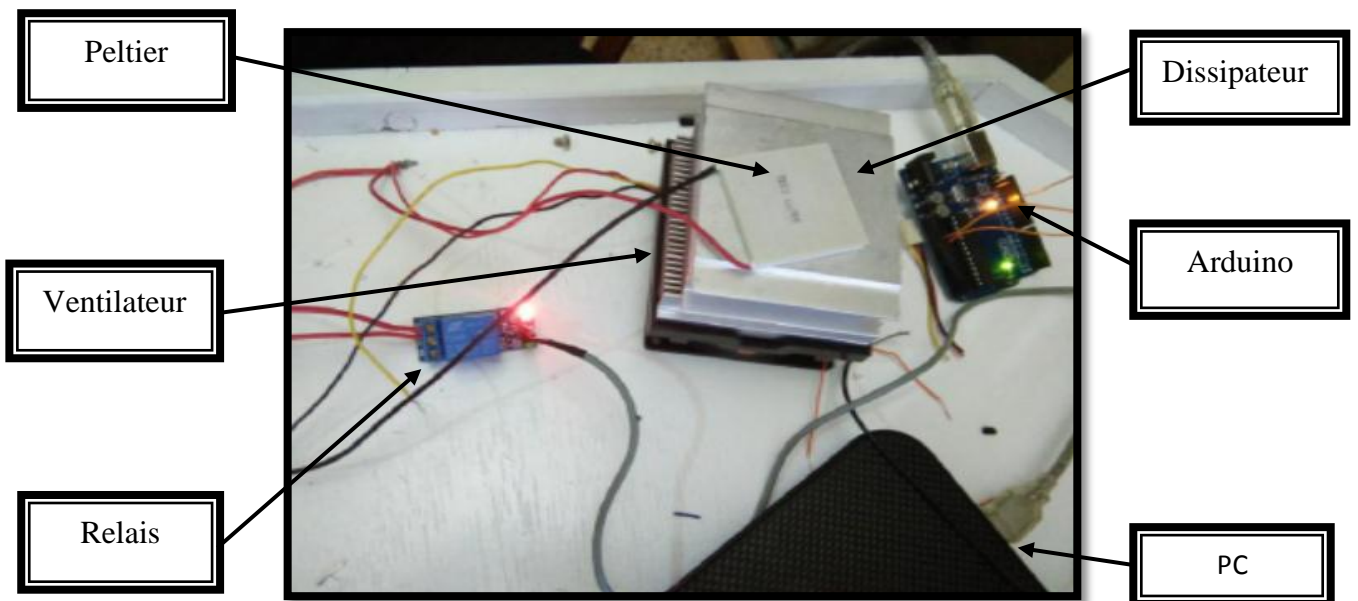


Fig 2 : Montage de circuit final

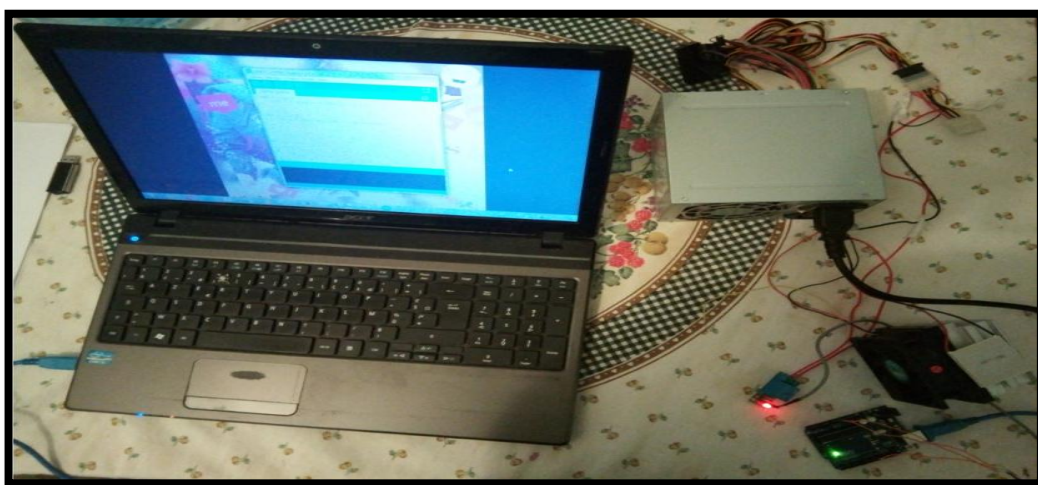
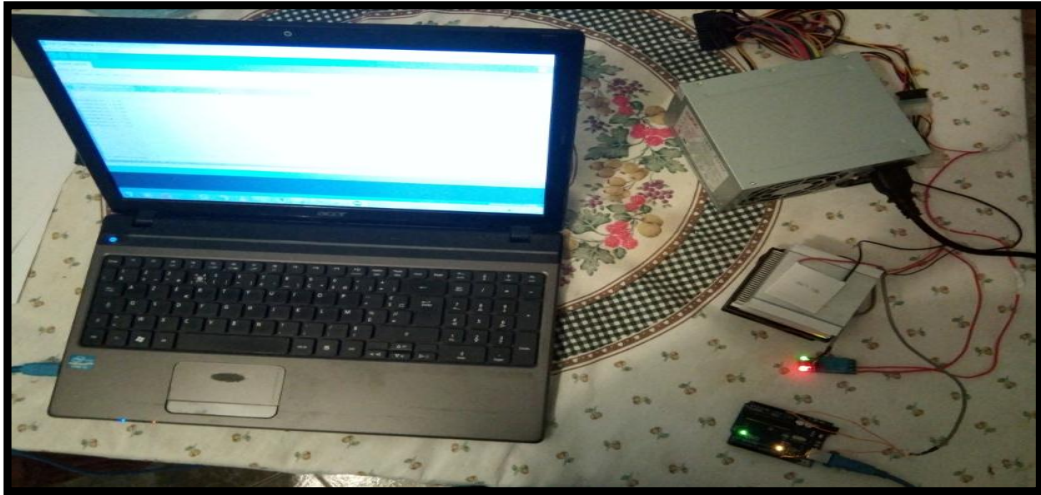
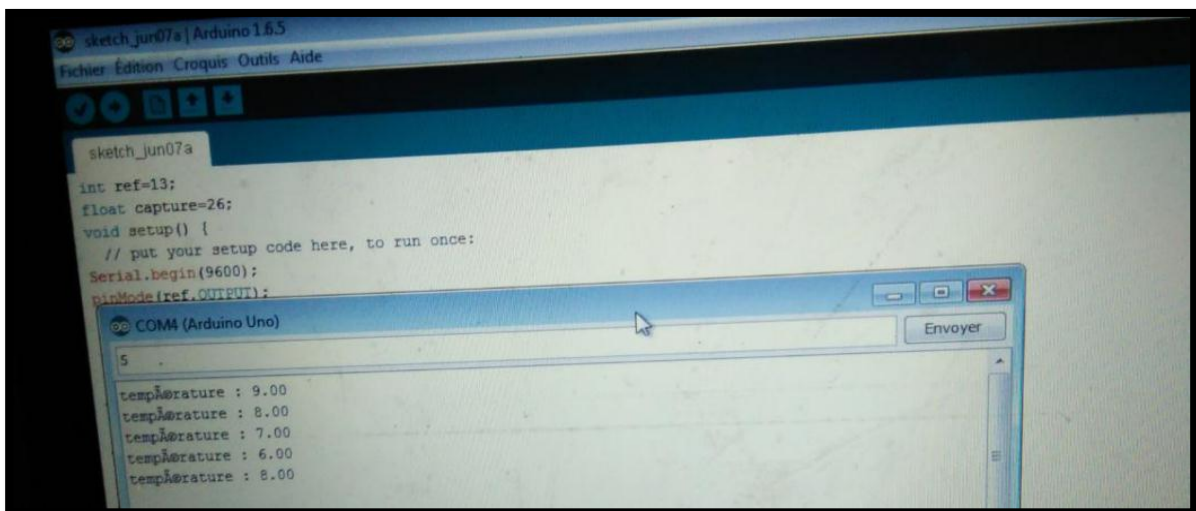


Fig3 : Module Peltier en état de repos (coupe courant)



**Fig 4 : Refroidissement du module Peltier (état fonctionnement)**

Dans le cas de fonctionnement le relai va passer le courant au module Peltier pour qu'il puisse refroidir et LED vert de relai sera allumée comme t il illustrés dans la figure 4 et dans ce cas on peut gérer le relai (on/off) selon le programme Arduino on varié et changé la température comme donné dans la figure 5 qui représente le programme Arduino et l'affichage de température sur le programme :



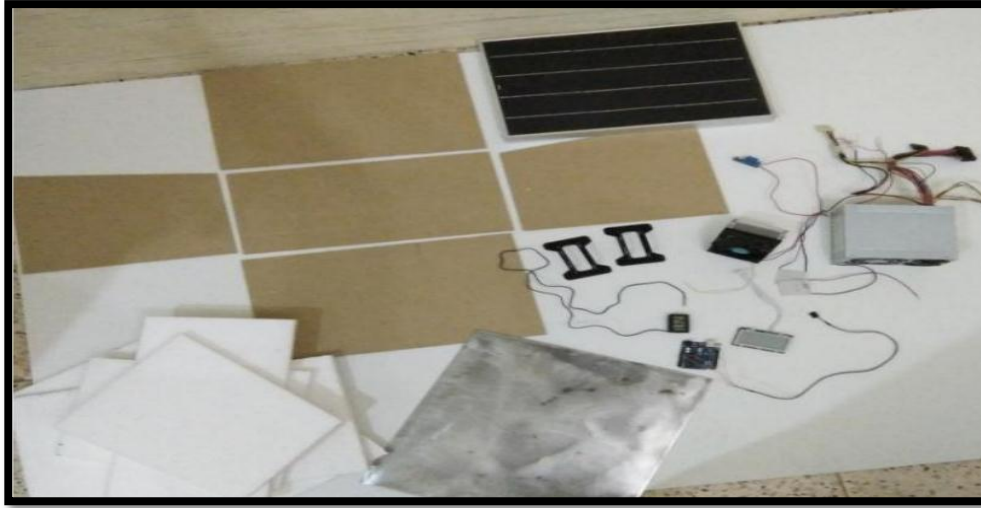
**Fig5 : Affichage de température sur le programme d'Arduino**

### 1.5. Conception et réalisation :

La partie de conception pour notre projet était une des plus délicates car elle a nécessité beaucoup de travail, de changements et d'ajustements pour obtenir un modèle correct.



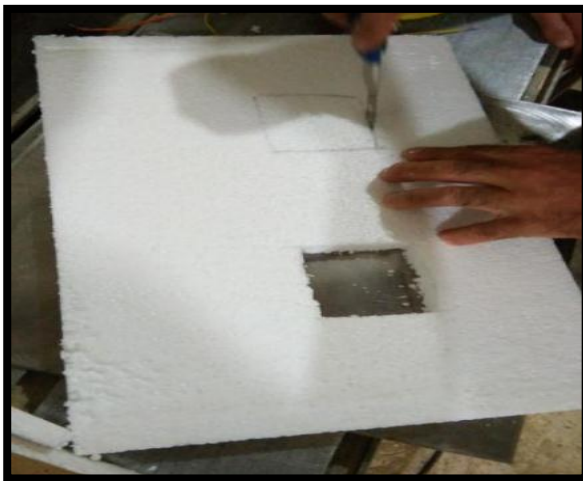
Après l'étude sur les caractéristiques et les performances des éléments possibles, nous avons décidé de partir sur une caisse en bois protégée en polystyrène récupéré pour l'isolation qui contiendra notre système de refroidissement (module Peltier, ventilateur, dissipateur,...etc.)



**Fig6 : Matériels Utilisés Pour la conception**

Après plusieurs tentatives d'isolation, on a décidé de partir sur la forme d'un trapézoïdal. Ensuite, pour augmenter l'efficacité de la diffusion de froid dans toute la caisse, il nous a fallu réduire l'espace froid et en augmenter l'isolation. Pour ce faire nous avons décidé d'épaissir chaque face de la caisse de l'intérieur en rajoutant des couches de polystyrène de sorte à ne plus avoir qu'une moyenne caisse à refroidir.

Une fois déterminée, nous avons décidé afin de protéger le trapézoïdal de polystyrène et dans la recherche d'un design plus intéressant, de l'entourer de plaques en bois. Elles ont ensuite été découpées à la découpeuse laser et assemblées afin de contenir la boîte de polystyrène.



**Fig7 : Découpage de bois et de polystyrène**



**Fig 8 : Emplacement de pièces découpées**



**Fig 9 : Emplacement de la plaque d'aluminium**

La plaque du haut, équipée d'un panneau solaire et de polystyrène.



**Fig 10 : Vue du couvercle de la glacière**

La face avant contient un afficheur LCD qui permet d'afficher la température interne de la caisse.



**Fig11 : Vue du face Avant de la glacière**

La face arrière se compose par notre système de refroidissement (ventilateur, dissipateur, et de module Peltier qu'est placé sur une plaque en aluminium) qui permet de refroidir l'intérieur de la caisse.



**Fig 12 : Vue du face d'arrière de la glacière**

La base se contient d'une carte électrique imprimée qui compose d'une carte Arduino et d'un capteur de température et de relai qui joue le rôle d'interrupteur.

Pour les poignées sont placés dans les deux côtés de la glacière.



**Fig 13 : Vue l'atérale droite de la glacière**

**Fig 14 : Vue l'atérale gauche de la glacière**

Enfin, nous avons réussi à fabriquer une glacière solaire illustrée dans la figure suivante :



**Fig 15 : glacière solaire assemblé**

## **1.6. Conclusion :**

Nous sommes très contentes de créer une glacière en énergie solaire qui permettant de refroidi 24h. Donc, Il est possible de générer de l'électricité nécessaire au fonctionnement d'un panneau solaire à partir de rayonnement solaire qui se transfère en électricité. Cependant le temps d'utilisation est limité dû au module Peltier et la batterie fournie de l'électricité pendant la nuit.



## *Conclusion générale*

## **Conclusion générale**

Le travail présenté dans ce mémoire nous a permis la réalisation de la glacière ainsi que le choix du module Peltier adopté faite par l'intermédiaire du logiciel utilisé dans l'entreprise ENIE Sidi Bel Abbas.

L'expérience du système de refroidissement testé dans laboratoire de l'électricité de la faculté de Technologie Chetouane nous a permis d'évaluer la marge de la température

Durant notre travail, nous avons fait une étude sur les panneaux solaires photovoltaïques pour déterminer les paramètres de fonctionnement également une étude sur les différents types de glacières et aussi une étude sur les différentes méthodes de refroidissement et on a plus approfondis sur le refroidissement thermoélectrique.

Ensuite, nous avons fait une étude sur la méthodologie qu'il fallait l'adapter dans notre réalisation qui est basée de faire une contribution théorique et expérimentale sur les matériels et logiciels utilisés et sur la programmation et la simulation où on a utilisé le logiciel Arduino pour la programmation, PROTEUS ISIS pour la simulation et sa conception dans logiciel CATIA V5.

Enfin, on a réalisé la glacière portable équipée du système de refroidissement à l'aide du panneau solaire. Vu les circonstances atténuantes de la fermeture de la faculté, on n'a pas pu terminer pour tester la glacière mais ça sera ultérieurement.

## **Références Bibliographiques**

- [1] C, Fröhlich. 1978: World radiometric reference. World Meteorological Organization, Commission for instruments and methods of observation, report WMO 490, p 108-112.
- [2] J, Royer et T. Djiako et E. Schiler, B. Sadasy. ‘ Le pompage photovoltaïque, université d'Ottawa, 1998
- [3] K.Agrouni, A.Belghachi et S.Kadri « caractérisation électriques et thermique d’un module PV au silicium multi cristallin en milieu contrôlé et sur site saharien » revue des énergies renouvelables : ICPWE 19-25,2003.
- [4] M. G. Villalva and J. R. Gazoli, and E. R. Filho ‘Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic arrays’,Jornal of power electronics, ,May 2009.
- [5] A. Bilbao ‘ Réalisation d'une commande MPPT numérique’ université de rovira ivirgili ,2006.
- [6] H. BELGHITRI et H. ‘ Modélisation, simulation et optimisation d’un système hybride éolien-photovoltaïque’ mémoire de magister, 2009.
- [7] A. labouret et M. villoz préface de jean louis bal ‘Energie solaire photovoltaïque ’, livre 4 édition, 2008.
- [8] B. Flèche - D. Delagnes ‘Energie solaire photovoltaïque.doc’, juin 2007,
- [9] M.belhad ‘ Modélisation D’un Système De Captage Photovoltaïque Autonome’, mémoire de magister université de bachar ,2008.
- [10] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Proc%C3%A9d%C3%A9\\_de\\_Czochralski](https://fr.wikipedia.org/wiki/Proc%C3%A9d%C3%A9_de_Czochralski)
- [11] A.Labouret, M.Villoz « Energie solaire photovoltaïque » Dunod 3eme édition 2006.
-

[12] S.ABADA ‘ Etude et optimisation d'un générateur photovoltaïque pour la recharge d'une batterie avec un convertisseur sepic’, Mémoire Maître es Sciences, Université laval, 2011.

[13] TCS Conseils en mobilité, Emmen | Doctech: 5273.01.fr/BSC | Date: 28.04.2016.pdf

[14] CHEKIROU, W., "Etude et Analyse d'une machine frigorifique solaire à adsorption", Thèse de doctorat, Université Mentouri, pp. 187 (2008).

[15] RAKOTOARISOA Faraniaina Marie Sylvia « conception et réalisation d'un système de refroidissement force des microprocesseurs, 2010,p28,29

[16] Olympiades de physique 2014-2015,22ème édition, Peut-on recharger un téléphone portable avec une flamme?

[17] étude d'un module thermique a effet Peltier-seebeck TP07, Paola Giura, Frédéric Moulin PDF

[18] Mémoire de Master Spécialisé GEER. Option : Energies Renouvelables rédigé par MEDJO N. Brigitte A. Page 21

[19] Matthieu COSNIER (2008), Etude expérimentale d'un système thermoélectrique destiné au rafraîchissement des bâtiments, thèse, Ecole doctorale de l'Université de Savoie SISEO; YANG et al, 2008].

[20] Propriétés Electroniques du YVO<sub>3</sub>, CaVO<sub>3</sub> Et Leur Composé Y<sub>1-x</sub>CaxVO<sub>3</sub>, Djamel TRARI, 2010

[21] CONVERSION DE LA CHALEUR EN ELECTRICITE : Etude du module thermoélectrique à effet Peltier, STPI/P6-3/2008 – Conversion de la chaleur en électricité.

[22] mémoire Etude et réalisation d'une carte de contrôle par Arduino via le système Androïde, KRAMA Abdelbasset et GOUGUI Abdelmoumen , 2014/2015 , P17

---



- [23] <http://boutique.semageek.com/fr/61-breadboard-400-contacts.html>
- [24] Caractéristiques Thermiques des Parois des Bâtiments et Amélioration de L'isolation.com
- [25] <http://peltiermodules.com/?p=product>
- [26] Spi-Glass Washer 1500 - Spire Solar - Catalogue PDF \_ Documentation technique \_ Brochure.html
- [27] Spi-EVA Lay-up Station - Spire Solar - Catalogue PDF \_ Documentation technique \_Brochure.html
- [28] Spi-Assembler™ 7000- Spire Solar - Catalogue PDF \_ Documentation technique \_Brochure.html
- [29] Spi- manual bussing station- Spire Solar - Catalogue PDF \_ Documentation technique \_ Brochure.html
- [30] Spi-EL™ Electroluminescence Solar Module Tester- Spire Solar – Catalogue PDF \_ Documentation technique \_ Brochure.html
- [31] Spi-manual inspection station - Spire Solar - Catalogue PDF \_ Documentation technique \_ Brochure.html
- [32] Spi-EL™ Electroluminescence Solar Module Tester- Spire Solar - Catalogue PDF \_Documentation technique \_ Brochure.html
- [33] Spi-laminator - Spire Solar - Catalogue PDF \_ Documentation technique \_ Brochure.html
- [34] Spi- Manual Edge Trimming station- Spire Solar - Catalogue PDF \_ Documentation technique \_Brochure.html
- [35] Spi- manual J-BOX station - Spire Solar - Catalogue PDF \_ Documentation technique \_Brochure.html
-

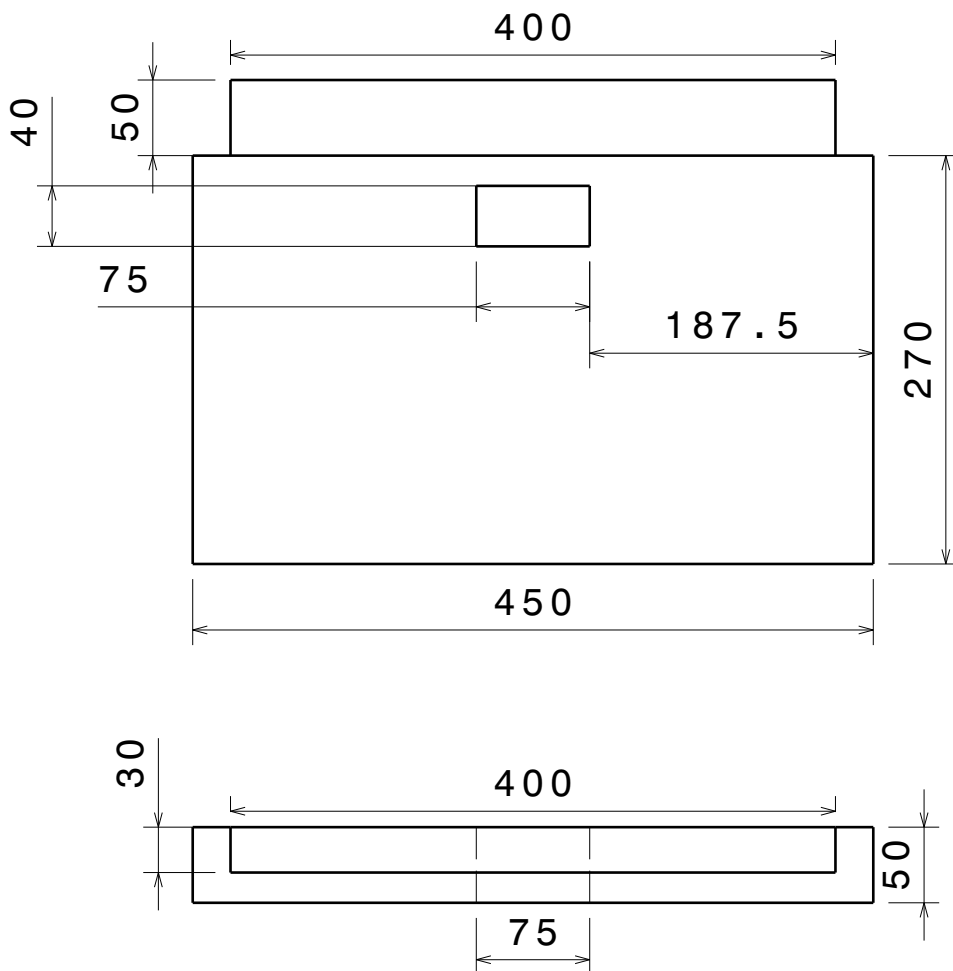
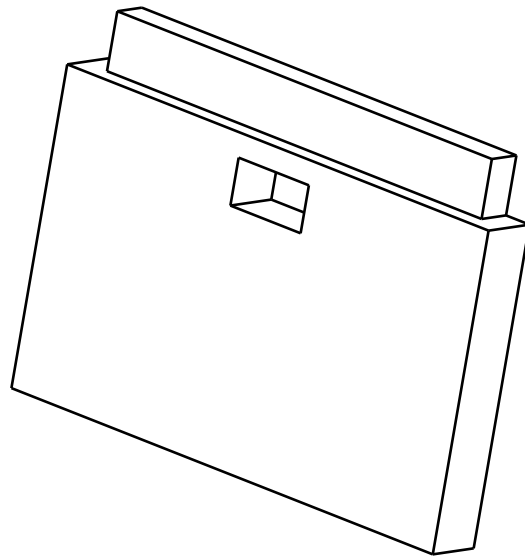
[36] Spi-Frame Press- Spire Solar - Catalogue PDF \_ Documentation technique \_ Brochure.html

[37] Spi-Sun Simulator - Spire Solar - Catalogue PDF \_ Documentation technique \_ Brochure.html

[38] ADJIBA Brahim, CHALGHOUM Abdelmonaim, thème de Master « Commande des équipements électriques par microcontrôleurs "Simulations et Réalisations" » Mémoire de Fin d'Étude 2015.

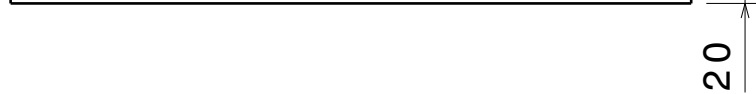
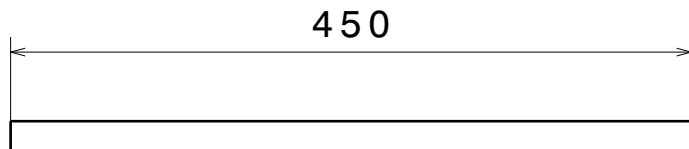
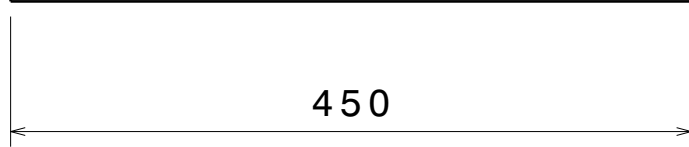
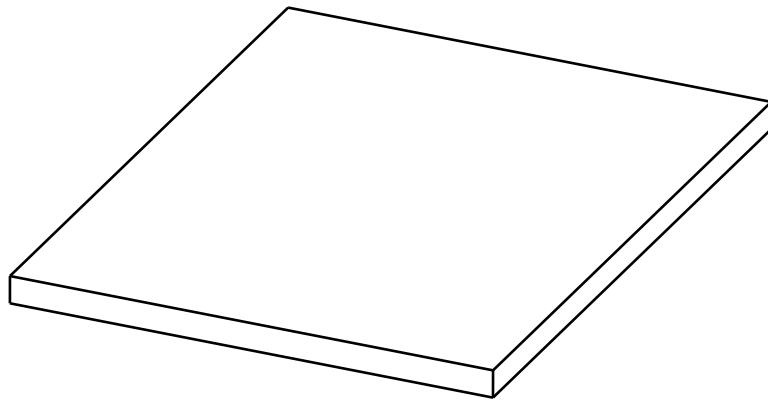
[39] <http://cfao-catiav5.grenoble.cnrs.fr>

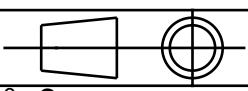
---



Echelle: 1:5	Université ABB - GI Productique Tlemcen	Hadj Bennaceur Bouamama
	<b>FACE AVANT</b>	wafaa Asma
N°: 1		Date: 18-06-2017

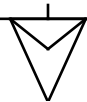


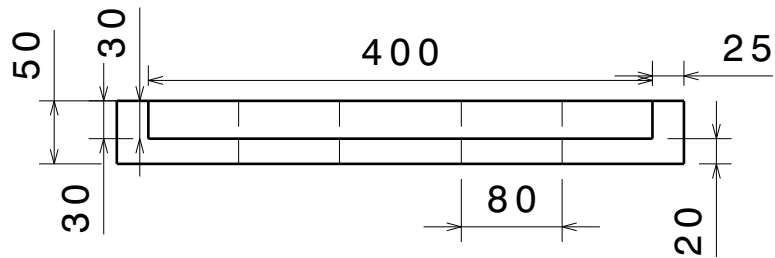
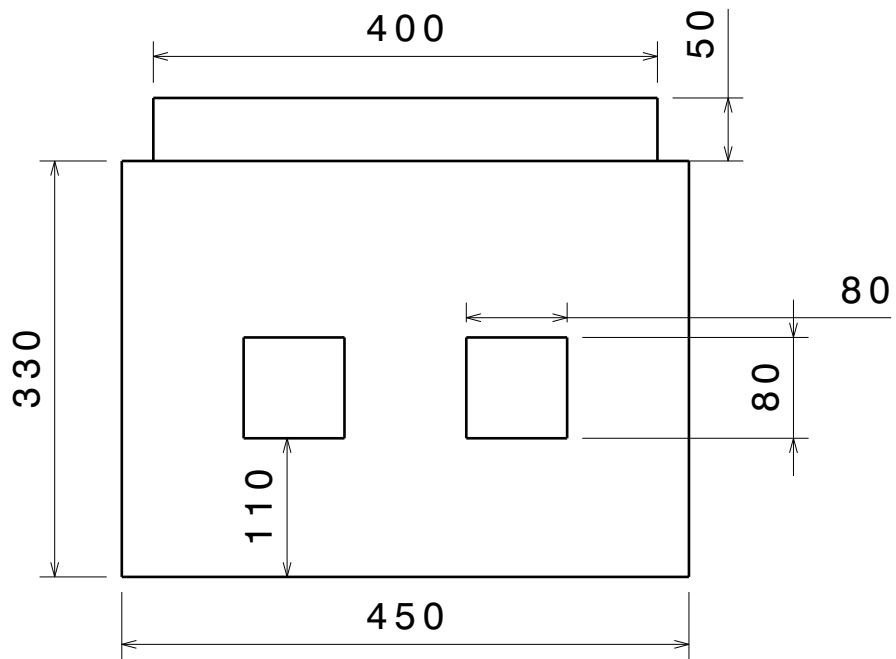
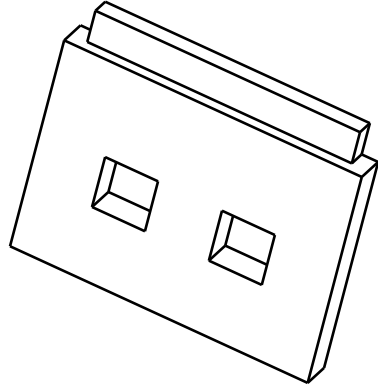


Echelle: 1:5  
  
N°: 3

Université ABB - GI Productique Tlemcen  
**COUVERCLE**

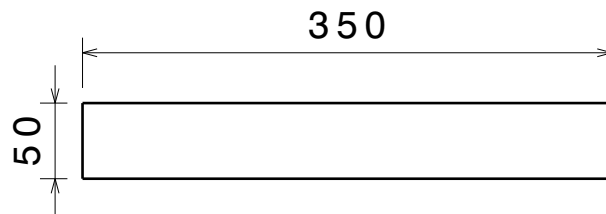
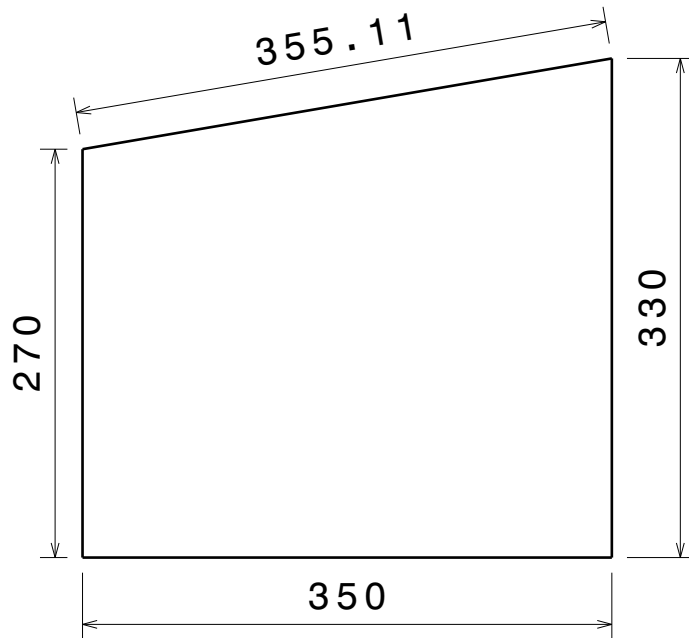
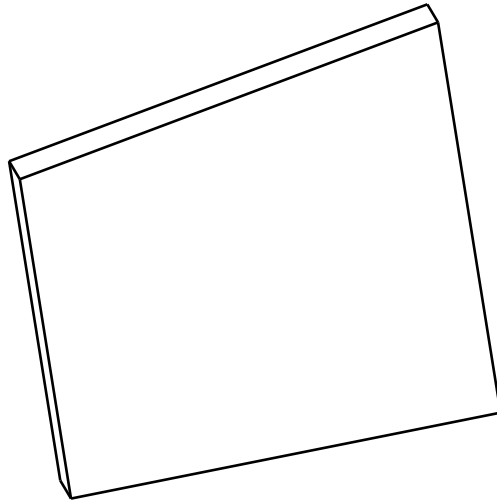
Hadj bennaceur  
Bouamama  
Wafaa  
Asma  
10-06-2017

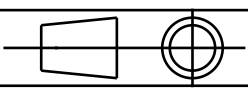




Echelle: 1:5	Université ABB - GI Productique Tlemcen	Hadj bennaceur
	<b>Face arriere</b>	Bouamama
N°: 3		Wafaa Asma 10-06-2017





Echelle: 1:5	Université ABB - GI Productique Tlemcen	Hadj Bennaceur Bouamama
	<b>FACE LATÉRALE</b>	Wafaa Asma
N°: 4		12-06-2017

