REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Mécanique
Spécialité : Energies Renouvelables

Amélioration de l'efficacité d'un Réfrigérateur Thermoélectrique

---

Présenté par :

- ALRAIMI MAJED MOHEMED ALI
- NADJARI FATIHA

Proposé et Dirigé par :

Dr. CHIBA YOUNES

Mr. KHERKHARE ABDELKRIM

Promotion 2019

Remerciements

Tout d'abord nous remercions Dieu qui nous donner la force, le courage et la patience pour réaliser le présent travail

Nous remercions notre promoteur **Dr CHIBA YOUNES** *et* **Mr KHERKHARE** *Abdelkrim pour leurs aides et leurs patiences et pour le choix de ce sujet et pour toute l'aide qu'ils nous ont apporté tout le long de ce travail*

Aux membres **du jury** *qui sont acceptés de bien Vouloir jurer ce travail*

A tout les enseignants de l'université **Dr Yahia Farés** *Médéa pour leur magnifique qualité humaine et leur Hospitalité.*

Nous remercions également tous les personnels du Département de génie mécanique

Et tous ceux qui m'aider de près ou de loin

Merci à tous.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Ma chère Maman BARKIHOM et Mon père ALIDE

qui

M'ont éclairé mon chemin, que Dieu le Tout

Puissant les

Bénisse.

A Mes frères

Mes chers grands-parents, que Dieu les préserves et

les

Bénisse.

A DRAYFI MOURAD

***A toute* La famille : TALBI et BDJARI**

A Mon Binôme: MAJED RYMUI

Je ne peux citer ici les noms de tous mes ami (es), car

ils

Sont nombreuses qu'ils soient remerciés et que ce mémoire

Leur soit dédié.

À tous les étudiants de la promotion 2018 / 2019

Option : Energie Renouvelable

FATIHA

Tables des matières
Remerciement
Dédicace
Résumé
Tables des matières
Tables des figures
Nomenclateur
Introduction générale…….... 1

CHAPITRE I : GENERALITE SUR LA THERMOELECTRIQUE

I.1. Introduction…….... 3
I.2. Historique…… 3
I.3. Effet thermoélectrique…….... 5
I.3.1. Effet Seebeck…… 5
I.3.2. Effet platier…… 6
I.3.3. Effet Thomson…….. 7
I.4. Générateur thermoélectrique…….. 8
I.4.1. Principe d'un générateur thermoélectrique…….. 9
I.4.2. Application…… 10
I.5. Conclusion…….. 10

CHAPITRE II : MODELISATION ET SIMULATION DE MODULE THERMOELECTRIQUE UTILISE MATLAB / SIMULINK

II.1. Introduction…… 12
II.2. Principe de thermoélectrique…… 13
II.2.1. Module…… 13
II.3. Détermination des paramètres TEM…… 15
II.4. Modélisation et simulation…… 17
II.5. Conclusion…… 21

CHAPITRE III : REFRIGERATEUR THERMO ELECTRIQUE

III.1. Introduction…… 22
III.2. Présentation du réfrigérateur …… 22
III.3. Caractéristiques physiques ……..…… 23
III.4. Caractéristiques électriques ……... 24
III.5. Caractéristiques de l'isolation …… 24

III.6. Description du réfrigérateur 25
III.6.1 Plaques Peltier 26
III.6.2. 2 Dissipateurs de chaleur 26
III.6.3. Les ventilateurs 27
III.6.4. Démarches de réalisation 27
III.6.5. Etape de réalisation 28
III.5. Conclusion..... 31
Conclusion générale..... 32
Bibliographies..... 33

Liste des figures :

Figure I.1 : Schéma de l'expérience de Volta. A -arc en métal (fer), B - verres remplis d'eau, C et D - parties de grenouilles plongées dans les verres d'eau……. **03**

Figure I.2 : Expérience originale de Thomas Johann Seebeck…….. **04**

Figure I.3 : Chronologie des personnages importants de la thermoélectricité…… **04**

Figure I.4 : Schéma de principe de l'effet Seebeck. Un champ électrique est généré si l'on soumet un barreau uniquement à un gradient de température……. **05**

Figure I.5 : Illustration de l'effet Seebeck…….. **06**

Figure I.6 : Illustration de l'effet Peltier…….. **07**

Figure I.8: Schéma de Principe de l'effet Thomson pour $\tau < 0\ (a) et\ \tau > 0 (b)$ ...…..... **08**

Figure I.9: Structure générale d'un TEG…… **08**

Figure II.1 : Caractéristiques des sorties TC – I et TC – V…… **18**

Figure II.2: Module TEG: (a) implémentation masquée, (b) implémentation de sous-système, et (c) boîte de dialogue…….. **19**

Figure III.1 : Vue générale du réfrigérateur thermoélectrique …… **22**

Figure III.2: Dimensions du réfrigérateur……. **23**

Figure III.3 : Vue de face…….. **25**

Figure III.4: Vue arrière…… **25**

Figure III.5 : les plaques Peltier. …….. **26**

Figure III.6: Dissipateurs de chaleurs. …….. **27**

Figure III.7 : le ventilateur. …….. **28**

Figure III.9: isolant du type polystyrène *Deuxième mode d'isolant de type PVC de plastique:*……... **28**

Figure III.10: Deuxième mode d'isolant de type PVC de plastique…….. **29**

Figure III.11: Montage plaque Peltier sur le dissipateur……... **29**

Figure III.12: Montage des dissipateurs avec les ventilateurs……... **30**

Liste des Tableaux :

Tableau 1 : Caractéristiques physiques…….….. **23**

Tableau 2 : Caractériel électrique……... **24**

Tableau 3 : Propriétés du bois melamine…… **24**

Tableau 4 : Propriétés de polystyrene……. **24**

Tableau 5 : Propriétés panneau en plastique de PVC……. **25**

ملخص

العديد من الدراسات الحالية تقوم على الاختراعات العالمية من أجل حماية طبقة الأوزون لانبعاث الغازات الأصلية من تكثيف الهواء يركز هذا العمل على طوير ثلاجه نظيفة تعمل حول درجة حرارة محيطه تعمل على مواد شبه موصله للقيام بذلك نأخذ تأثير سيبك وبلتر بعين الاعتبار لتشغيل الثلاجة.

الكلمات المفتاحية :

الكهروحراري, نصف ناقل, تجريبي, مفعول بلتي.

Abstract

Many of the current studies focus on global inventions for the protection of the ozone layer of the original gas emissions for air condensation this work focuses on the development of a clean refrigerator working around the temperature of the environment, working on semiconductor materials to do so take the influence of **SPECK** and **BLATER** to consider the operation of the refrigerator.

Key words:

Thermoelectric, semiconductor, experimental, pelti effect.

Resumé

Un grand nombre des etudes en cours portent sur des inventions mondiales visant a proteger la couche d’origine generant la condensation de l’air notamment sur le developpement d’un refrigerateur propre fonctionnant autour de la temperature ambiante, sur de materiaux semi-conducteurs prenant ainsi en consideration l’influences **De SPECK ET DE BLATER** sur le fonctionnement de refrigerateur.

Mot clés :

Thermo électrique, semi-conducteur, experimental, effet de Peltier

La production d'énergie est assurée essentiellement par les combustibles fossiles (pétrole, gaz) qui semblaient inépuisable et qui ont jusque-là étanché la soif inextinguible d'énergie. Toutefois, ces combustibles sont en voie d'épuisement, comme en témoigne la flambée des prix du pétrole.

La consommation de l'énergie va augmenter de façon considérable d'ici 2050. Il est d'ores et déjà évident qu'une telle augmentation ne pourra se faire sur le modèle actuel, basé essentiellement sur ces énergies fossiles, dont l'utilisation conduit par ailleurs à des émissions massives de CO2 responsables d'un changement climatique de grande ampleur. Ainsi, le développement des nouvelles sources d'énergie non polluantes est retenu comme stratégie incontournable pour relever ces défis énergétiques et environnementaux, quels que soient les efforts que la communauté internationale pourra faire dans la maîtrise de la demande d'énergie. En fait, les sources d'énergie renouvelable actuelles (solaire, éolienne et géothermique) ne fournissent qu'une petite fraction de l'électricité consommée, principalement à cause de leur coût relativement élevé, alors qu'existent des ressources abondantes, à faible coût et encore relativement peu exploitées sous forme de chaleur.

Un effort important pour développer techniquement la conversion énergétique utilisant des matériaux solides a été engagé à partir des années 1950. C'est au cours des années 1960 qu'ont été développés les programmes de recherche les plus importants dans ce domaine à partir des matériaux semi-conducteurs. Les propriétés désirées pour les matériaux sont déterminées par le biais du facteur de mérite ZT qui dépend des propriétés de transport du matériau comme la résistivité électrique, le coefficient de Seebeck et la conductivité thermique. La recherche de nouvelles sources d'énergies non polluantes est devenue un enjeu majeur pour nos sociétés. C'est pourquoi la production d'électricité à partir de chaleur perdue aux moyens des modules thermoélectriques (application de l'effet Seebeck) apparaît à ce jour comme une voie très prometteuse.

Par ailleurs, des matériaux thermoélectriques peuvent être utilisés pour évacuer la chaleur par effet Peltier, notamment pour refroidir des composants de la microélectronique. L'intérêt de la thermoélectricité est de fournir une conversion directe chaleur-électricité, sans appoint auxiliaire (mécanique, électrique, chimique…). Toutefois, le rendement actuel des dispositifs thermoélectriques, que ce soit en génération d'électricité ou en réfrigération, reste encore trop faible (inférieur à 10 %), ce qui restreint pour l'instant leur utilisation à des applications où fiabilité et durabilité sont plus importantes que coût et rendement. Ainsi, la thermoélectricité, ou conversion d'énergie à partir de la chaleur, fait partie de ces nouvelles sources d'énergies renouvelables. La conversion d'énergie thermique en énergie électrique est l'un des piliers des temps modernes.

Des millions de tonnes d'énergie fossile sont chaque jour sacrifiés à la fée électricité pour notre confort. Pourtant, une large part de cette énergie se perd dans l'atmosphère sous forme de chaleur dans les centrales électriques, ne pouvant pas être efficacement exploitée. Les progrès des transports ont augmenté considérablement. Aujourd'hui le consommateur est aussi un nomade qui veut emporter son confort avec lui, créant des nouveaux besoins en sources d'énergie électrique. Ces besoins sont actuellement satisfaits au prix de la pollution de

notre environnement par les métaux lourds contenus dans les batteries. La conversion thermoélectrique apporte une nouvelle voie à la demande croissante en source d'énergie électrique.

La conversion thermoélectrique n'utilise pas de systèmes mécaniques, aussi complexes que fragiles et coûteux en entretien. Elle est non-polluante contrairement aux batteries parce que les générateurs thermoélectriques ont une durée de vie presque illimitée. Bien que les performances des dispositifs thermoélectriques soient généralement faibles, ils sont irremplaçables pour certaines applications comme la production d'énergie électrique pour les sondes spatiales lointaines (utilisation de modules thermoélectriques). Dans la perspective d'applications à plus grande échelle, ils sont intéressants pour la climatisation ou la réfrigération. La conversion thermoélectrique a déjà fait ses preuves, notamment comme production d'énergie électrique pour les sondes spatiales lointaines. Outre cet aspect d'apport d'électricité, les matériaux thermoélectriques sont utilisés pour la réfrigération (effet Peltier) avec de nombreuses applications dans le domaine de l'électronique. Bien que découverte il y a plus d'un siècle, la conversion thermoélectrique n'est pas encore passée au stade d'application à grande échelle du fait des efficacités limitées des générateurs thermoélectriques dues essentiellement au faible facteur de mérite ZT.

Actuellement, la majorité des dispositifs existant concernent des modèles réalisés à partir de matériaux à base de Bi2Te3 solides et de ses dérivés. Mais ces matériaux ne sont à la fois ni biocompatibles (matériaux toxiques), ni intégrables à petite échelle.

D'où notre intérêt à l'amélioration des performances d'un réfrigérateur thermoélectrique, ce mémoire est réparti en trois chapitres suivants :

Dans **le premier chapitre** nous présentons un aperçu du domaine de la thermoélectricité. Nous présentons en premier les propriétés physiques et chimiques ; le facteur de mérite qui définit l'efficacité d'un matériau ainsi que les trois effets thermoélectriques puis nous présentons les applications thermoélectriques actuelles.

Le deuxième chapitre sera consacré au Générateur thermoélectrique. Nous présentons l'architecture d'un générateur thermoélectrique; les modes de fonctionnement et les différentes équations caractéristiques de ce dernier. A partir de ces différentes équations nous nous sommes intéressé à la modélisation et au dimensionnement du générateur thermoélectrique par Matlab et enfin l'interprétation des résultats de la simulation.

Dans **le troisième chapitre** Nous présenterons notre prototype de réfrigérateur thermoélectrique, comptons les étapes essentielles pour construire la partie expérimentale.

Le travail est terminé par une conclusion générale et des perspectives.

I.1. Introduction :

Dans cette optique, dans le premier chapitre nous proposerons une présentation générale de la thermoélectricité avec les différents effets thermoélectriques ; les principes de base y sont étudiés. Nous étudierons par la suite les techniques. D'élaboration des matériaux thermoélectriques massif et en couche mince.

I.2. Historique :

En 1794, Alessandro Volta [1], met en évidence l'apparition de « forces » sous l'influence de la différence de température. La Figure 1 présente un schéma de son expérience.

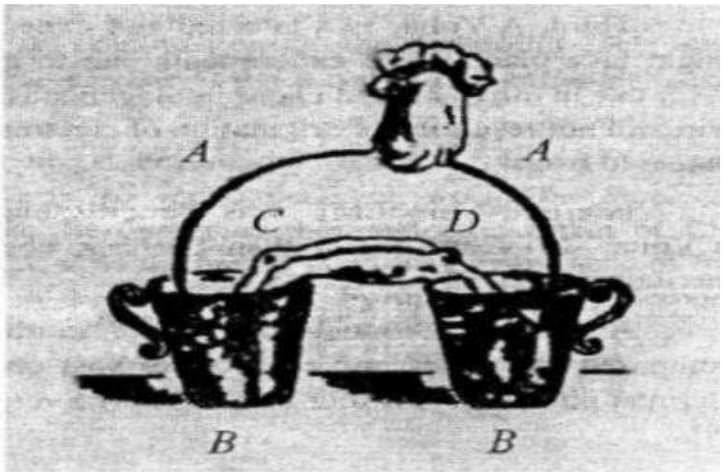


Figure I.1 : Schéma de l'expérience de Volta. A -arc en métal (fer), B - verres remplis d'eau, C et D - parties de grenouilles plongées dans les verres d'eau.

En 1821, un physicien allemand Thomas Johann Seebeck remarque qu'un circuit formé par deux conducteurs métalliques différents dont les deux jonctions sont soumises à une température différente dévie une aiguille métallique (Figure 2) [2]. Seebeck pense à tort que cet effet est dû au champ magnétique induit par la différence de température et qu'il doit être relié au champ magnétique terrestre. Peu de temps après, en 1825, Oersted donne la bonne explication. Il s'aperçoit qu'en réalité, la différence de température crée une différence de potentiel qui, si le circuit est fermé permet le passage du courant et donc induit un champ magnétique.

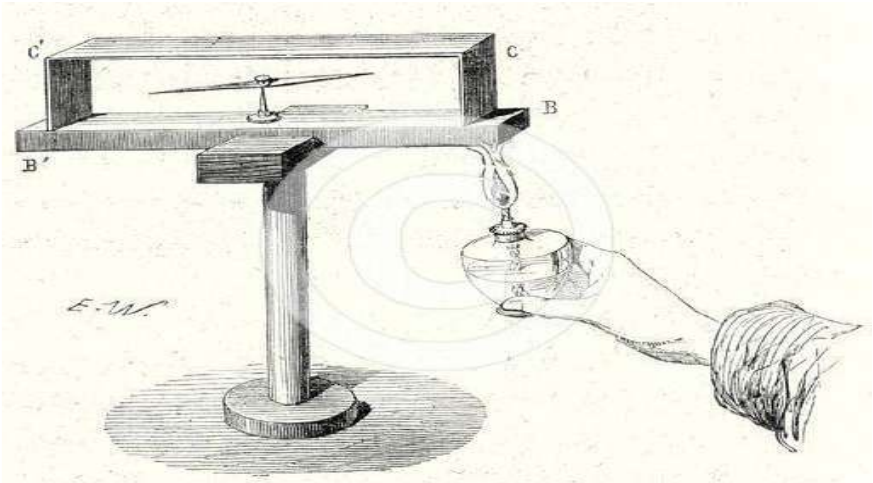


Figure I.2 : Expérience originale de Thomas Johann Seebeck.

En 1834, Jean Peltier, physicien et horloger, découvre que la circulation d'un courant électrique peut soit produire, soit absorber de la chaleur à la jonction de deux matériaux différents [3]. C'est en 1838 que Lenz a expliqué le phénomène en concluant que le chauffage ou le refroidissement dépendaient du sens de circulation du courant. Pour se faire, il a cristallisé de l'eau autour d'une jonction bismuth-antimoine, et, en inversant le sens de circulation du courant, a fait fondre la glace. Un peu plus tard, dans les années 1840, James Prescott Joule démontre l'existence d'un phénomène irréversible lorsqu'un courant circule dans un matériau, c'est l'effet Joule. Ce dernier indique que la quantité de chaleur produite par la circulation du courant est proportionnelle au carré de son intensité.

Ce n'est qu'en 1851, avec William Thomson, anobli Lord Kelvin, que l'on lie les effets Seebeck et Peltier avec les relations de Kelvin. Ce dernier prédit même un troisième effet thermoélectrique connu sous le nom d'effet Thomson qui ne nécessite pas l'existence de 2 matériaux et d'une jonction. La Figure 3 présente une chronologie des pionniers de la thermoélectricité.

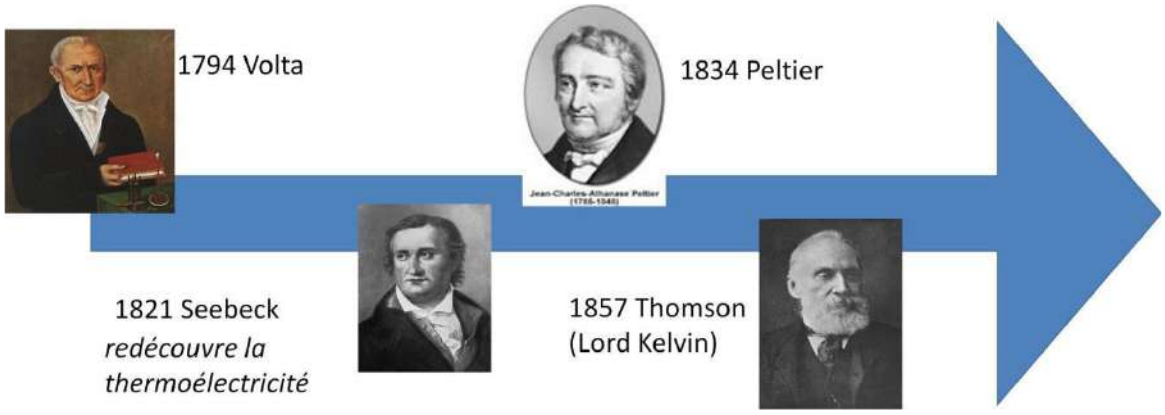


Figure I.3 : Chronologie des personnages importants de la thermoélectricité.

Au siècle suivant, en 1909, un thermodynamicien allemand, Edmund Altenkirch, calcule pour la première fois correctement l'efficacité énergétique d'un générateur thermoélectrique fondé sur l'effet Seebeck [4]. Deux ans plus tard, il étend son calcul au refroidissement et décrit les conditions optimales de fonctionnement.

Après avoir introduit la thermoélectricité dans son contexte historique, attardons-nous plus précisément sur les trois principaux effets thermoélectriques : l'effet Seebeck, l'effet Peltier et l'effet Thomson. A ceux-ci peut s'ajouter l'effet Joule qui convertit directement l'électricité en chaleur. [favaral]

I.3. Effets thermoélectriques :

La thermoélectricité est fondée sur le couplage d'un transport de chaleur et d'un déplacement de charges électriques.

La thermoélectricité concerne les effets traduisant la conversion de l'énergie électrique en énergie thermique, et réciproquement. On dénombre trois effets, régis par trois lois.

I.3.1. Effet Seebeck :

C'est un phénomène physique découvert par Seebeck en 1821. Il s'agit de la génération d'une tension électrique V aux bornes de deux jonctions de matériaux dissemblables, notés ici a et b, lorsqu'ils sont exposés à un gradient de température ΔT = TH _ TC (voir la Figure 1.1), où TH et TC désignent les températures des côtés chaud et froid, respectivement [3].

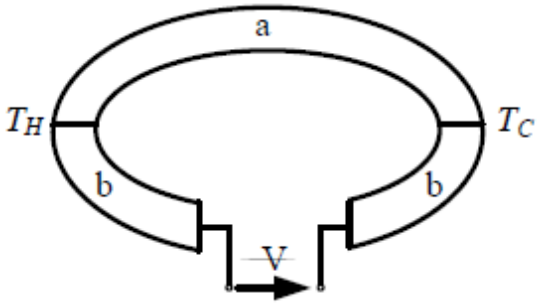


Figure I.4 : Schéma de principe de l'effet Seebeck.

Un champ électrique est généré si l'on soumet un barreau uniquement à un gradient de température.

Cet effet est illustré Figure 4 et se traduit par l'équation locale I-1 suivante :

$$\vec{E} = \alpha.\vec{\nabla}T \quad \text{(I.1)}$$

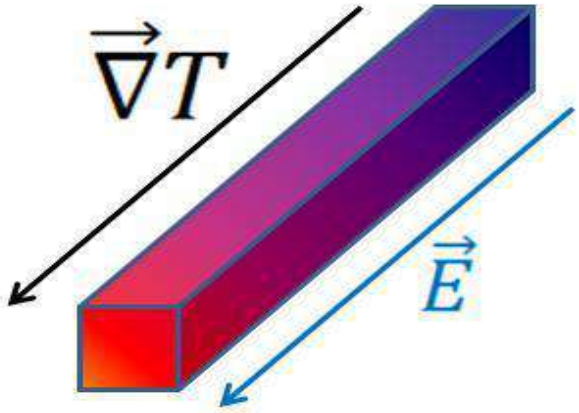


Figure I.5 : Illustration de l'effet Seebeck.

Avec le champ électrique généré, le coefficient Seebeck du matériau, et le gradient de température. On utilisera plus spécifiquement l'équation globale I-2 :

La tension en circuit ouvert générée est donnée par la relation :

$$V_{oc} = \alpha_{ab} \cdot \Delta T \quad \text{(I.2)}$$

Le coeffcient de proportionnalité $\alpha_{ab}[V.K^{-1}]$ est le coefficient Seebeck ou le pouvoir thermoélectrique absolu relatif au couple de matériaux considérés. Il peut être positif ou négatif selon le type de charges conductrices présentes dans le matériau . Le coefficient Seebeck dans les métaux et les alliages de métaux est généralement très faible, dans une plage de quelques dizaines de $\mu V.K^{-1}$. Il est beaucoup plus grand dans les semi-conducteurs où il peut aller jusqu'à $1mV.K^{-1}$. Rappelons ici qu'un TEM en mode Seebeck convertissant la chaleur en électricité est un générateur thermoélectrique [3].

I.3.2. Effet Peltier :

c'est un phénomène physique découvert par Peltier en 1834. La circulation d'un courant électrique I à travers deux matériaux di_érents entraîne l'absorption d'un flux de chaleur dans une jonction et la dissipation d'un flux de chaleur dans l'autre

On peut alors écrire l'équation locale :

$$\vec{q} = \pi.\vec{j} \quad \text{(I.3)}$$

Avec le flux surfacique de chaleur, π le coefficient Peltier et le flux de charges. Ce phénomène peut se comprendre qualitativement en remarquant que les particules qui conduisent le courant sont également celles qui transportent l'énergie. Ainsi, si un courant électrique apparait alors les particules se déplacent entrainant avec elles leur énergie. On utilisera l'équation globale I-4 :

$$Q = (\pi_a - \pi_b).I \quad \text{(I.4)}$$

Avec Q le flux de chaleur, I le courant électrique, πa et πb respectivement les coefficients Peltier des matériaux a et b représentés (Figure I.5).

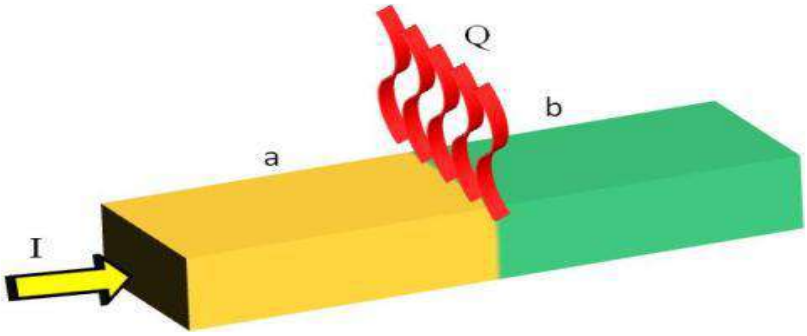


Figure I.6 : Illustration de l'effet Peltier.

On peut y voir les deux matériaux thermoélectriques notés a et b mis en contact. La circulation du courant I entraine ici au niveau de la jonction un échauffement (cas $\pi_a > \pi_b$). En inversant le sens du courant ou en ayant $\pi_a < \pi_b$, on aurait obtenu un refroidissement.

I.3.3. Effet Thomson :

C'est un phnéoménie physique découvert par Thomson en 1851. Contrairement aux effets Seebeck et Peltier, l'effet Thomson s'observe pour un matériau unique. Il représente l'absorption/dissipation de flux de chaleur Qτ résultant de l'action simultanée d'un gradient de température ΔT et de la circulation d'un Courant électrique I dans un matériau (voir la Figure 1.7). L'absorption/dissipation totale de flux de chaleur est donnée par:

$Q_\tau = \tau.\Delta T.I$ où $\tau[W.I^{-1}.K^{-1}]$ le coefficient Thomson (I.5)

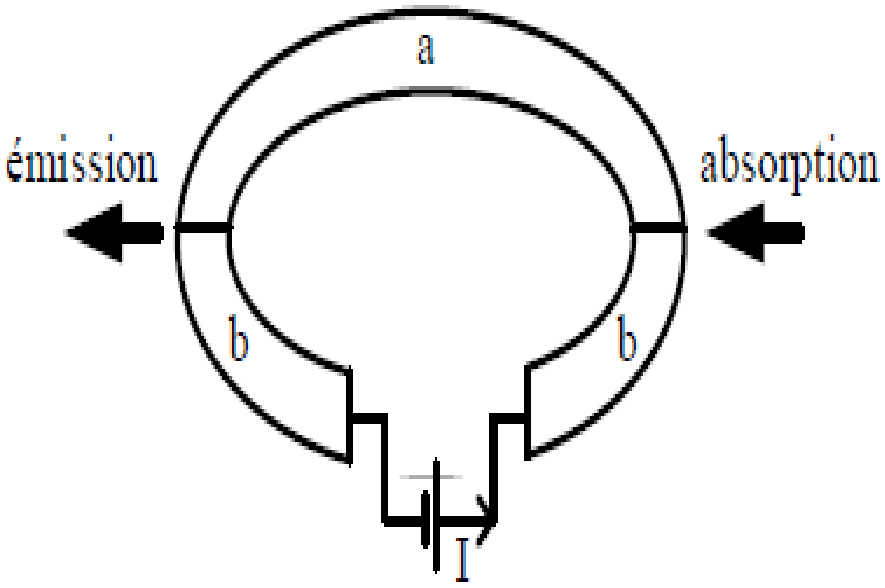


Figure I.7: Schéma de Principe de l'effet Peltier.

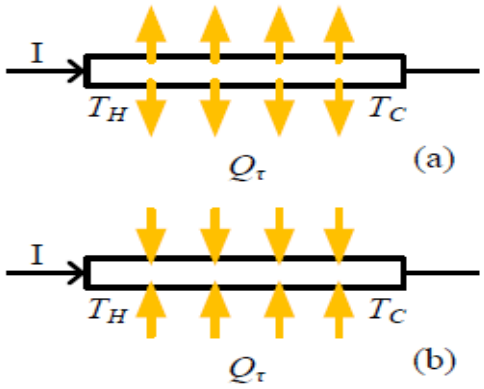


Figure I.8: Schéma de Principe de l'effet Thomson pour $\tau < 0 \quad (a) et \quad \tau > 0 (b)$.

L'effet Thomson existe dans tous les dispositifs de conversion thermoélectrique et son influence peut être importante lorsque le gradient thermique appliqué à ses bornes est élevé [2]. La Figure 1.7 illustre le comportement d'un matériau selon que $\tau < 0$ (a) ou $\tau > 0$ (b); le matériau diffuse ou absorbe un flux de chaleur, respectivement.

I.4. Générateur thermoélectrique :

Le générateur thermoélectrique est apparu comme un nouveau type de technologie de conversion et de récupération d'énergie à faible coût. Il offre une solution prometteuse pour récupérer la chaleur perdue (encore appelé couramment la chaleur fatale) ou la chaleur naturelle et la convertir directement

en une énergie électrique utile.

I.4.1. Principe d'un générateur thermoélectrique :

Un générateur thermoélectrique base sur l'effet Seebeck convertit directement la chaleur en énergie électrique. Un TEG est constitué de N paires d'éléments semi-conducteurs de type p et de type n qui sont connectés électriquement en série, afin de générer une tension plus élevée et une puissance électrique plus importante, et thermiquement en parallèle pour maintenir chaque jonction formée par les éléments semi-conducteurs p-n au même gradient thermique. Ces éléments semi-conducteurs sont généralement pris en sandwich entre deux plaques céramiques où la chaleur est transférée du côté chaud vers le côté froid [3]. La structure de base d'un TEG formé par l'association de 2 paires d'éléments semi-conducteurs p-n avec une charge électrique résistive reliée à ses bornes est présentée à la Figure 1.4. Lorsque la température du côté chaud est plus élevée que celle du côté froid (présence d'un gradient de température), un flux de chaleur circule à travers le TEG [4], comme le montre la Figure 1.4. La circulation de ce flux de chaleur à travers les éléments semi-conducteurs p-n provoque un déplacement des porteurs de charge (électrons et trous) dans des directions opposées et donc l'apparition d'un courant électrique I traversant la charge RL connectée à la sortie du TEG.

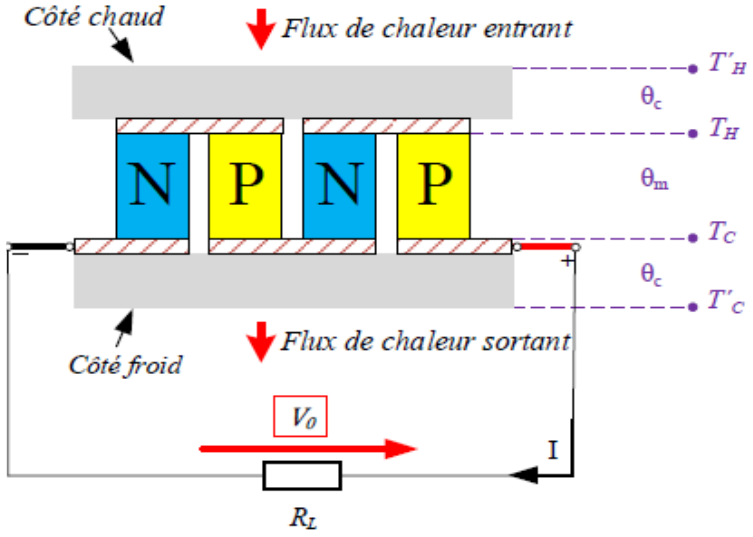


Figure I.9: Structure générale d'un TEG.

a) Les avantages de TEG :

- L'une des principales caractéristiques d'un TEG est sa grande fiabilité.

- Une conception simple et mise en œuvre sans pièces mobiles, ce qui rende le TEG très robuste et souhaitable pour des systèmes de récupération d'énergie très fiables.
- Une stabilité à long terme et absence de maintenance.
- Le TEG est l'un des dispositifs d'énergie écologiques générant de l'électricité sans émission de gaz toxique comme le dioxyde de carbone.
- L'efficacité de conversion thermoélectrique du TEG est définie comme étant le rapport entre la puissance électrique P fournie à la charge et le flux de chaleur Q_H absorbé par le côté chaud du TEG [79] : $\eta = P/ Q_H$ [3].

I.4.2. Applications :

- La production d'électricité en milieu extrême, avec des sources de chaleur dédiées ;
- La récupération de chaleur perdue, l'objectif ici est de convertir l'énergie thermique perdue en électricité de manière à augmenter le rendement du système global;
- La production d'électricité décentralisée;
- La micro production, avec des puissances de l'ordre du mW ;
- La production solaire thermoélectrique.

I .5. Conclusion :

Dans ce chapitre on a étudié l'état de l'Arc du thermoélectrique et le principe de chaque effet du thermoélectrique (Thomson, Peltier et Seebeck). En plus en fait une étude sur les générateurs thermoélectriques. Et donne petite rappel sur l'avantage de la TEG et le domaine d'application dans la réalité.

II.1. Introduction :

La thermoélectricité a été découverte à l'origine début des années 1800. Une tension est générée quand une jonction de deux matériaux différents est tenue à un autre Température.

Les matériaux thermoélectriques ont commencé à être fait avec la structure de type *n* et de type *p* au milieu des années 1900 en raison de la prévalence de semi-conducteurs matériaux.

En contrôlant la concentration de porteurs, l'optimisation de la bande interdite peut être réalisée pour le couple thermoélectrique. Beaucoup de thermocouples sont ensuite interconnectés électriquement en série augmenter la tension de fonctionnement et thermiquement parallèle pour augmenter la conductivité thermique, formant un module thermoélectrique (TEM).

Le module thermoélectrique (TEM) peut généralement être classés dans des générateurs thermoélectriques (TEG) et les refroidisseurs thermoélectriques (TEC). Les TEG convertissent l'énergie thermique d'une température gradient en énergie électrique (effet Seebeck), tandis que les TEC convertissent l'énergie électrique en gradient de température (effet Peltier). Être fondamentalement convertisseurs d'énergie à l'état solide sans pièces mécaniques et mobiles, les TEM peuvent fournir les avantages du silence, de la compacité, la fiabilité et la stabilité. Cependant, ayant pauvre efficacité de conversion d'énergie, à la fois TEC et TEG ont été largement pris en compte pour les applications de niche en raison de leurs avantages uniques. En général, les TEC sont capables de refroidissement et de réfrigération, comme dans refroidisseurs spécialisés pour optoélectronique et électronique composants et refroidisseurs électriques chauffants portables. Ils sont particulièrement utiles pour une température précise applications de contrôle où précision, simplicité, la fiabilité et la compacité sont des préoccupations dominantes. D'autre part, les TEG peuvent être utilisés pour exploiter chaleur perdue avec différence de température disponible et produire de l'énergie électrique, par exemple pour la production d'énergie dans les systèmes d'engins spatiaux et comme thermocouples pour la mesure de la température.

Avec la hausse des coûts des combustibles fossiles et les technologies innovantes de récupération de la chaleur perdue, les dispositifs TEG deviennent plus important, en particulier dans les applications et marchés pour les systèmes automobiles plus larges et les capteurs autoalimentés et les systèmes de communication sans fil.

Modèles mathématiques de TEM pour les TEC et les TEG ont été bien développés pour simuler leur comportement correspondant et analyser leurs performances. La modélisation et la simulation permettent d'analyser, conception et optimisation des TEM pour réduire le cycle de conception. Récemment, des modèles de circuit équivalents des TEM ont été construits à l'aide du logiciel SPICE pour analyse de module facile et pour extraire davantage paramètres de modèle à partir des spécifications dans le commerce. Fondamentalement, modèles de circuit équivalent des applications de l'électronique de puissance. Pour le contrôle objectif, il vaut mieux construire un modèle TEM en utilisant Matlab/Simulink et suite à utiliser son outil Sim Power System, en particulier pour le développement du contrôle de la température et maximum Technologies de suivi de point de puissance (MPPT) pour TEC et applications TEG.

II.2. Principe De Thermoélectrique :

II.2.1. Module :

La construction des TEC et des TEG est fondamentalement les mêmes, et même le même circuit équivalent peut être utilisé pour simuler leur comportement. L'unité de base de TEM est un thermocouple qui consiste en un couple de pastilles de type p et de type n reliés entre eux par du métal. Chez TEM a la forme de thermopiles qui sont connectés électriquement en série pour augmenter la tension de fonctionnement et thermiquement parallèle pour diminuer la résistance thermique, et est pris en sandwich entre deux plaques en céramique pour l'uniforme dilatation thermique. Il y a quatre énergie principale processus se déroulant dans les pellets TEM: thermique Conduction, chauffage par joule, refroidissement / chauffage par effet Peltier effet, et l'effet Seebeck. Le supplément Effet Thompson, décrit par le Coefficient de Thompson $\tau=\frac{ds}{dT}$; est assez petit pour être négligé. Les deux plaques en céramique et interconnectés par :

$$Q_{th} = -\Delta T K_{th} \quad \text{(II.1)}$$

Où est la conductivité thermique du TEM et $\Delta T = T_E - T_A$ le chauffage par effet joule est un processus physique de dissipation de chaleur dans un élément de résistance. Le flux de courant électrique à travers le TEM sera plus provoquer un échauffement résistif des thermocouples. La chaleur Joule totale dissipée dans un couple N -TEM est :

$$Q_J = I^2 R \quad \text{(II.2)}$$

Où R est sa résistance électrique. Indépendamment du gradient de température, la chaleur Joule peut être considérée comme divisé entre les deux côtés du TEM. L'effet de refroidissement / chaleur Peltier est un phénomène d'absorption / dissipation thermique par un jonction entre deux matériaux différents lorsque le courant électrique traverse la jonction.la chaleur absorbée / émise d'un TEM couple N est :

$$Q_{PE/\ \iota A} = S.I.T_{E/A} \quad \text{(II.3)}$$

Où S est le coefficient Seebeck du TEM. Lorsqu'un le gradient de température est imposé à un conducteur dans des conditions de circuit ouvert, la création d'une différence de potentiel électrique entre le chaud et côtés cool du chef d'orchestre est appelé le Seebeck effet. La tension générée Seebeck, appelée le la force électromotrice (FEM), dans un TEM est exprimée comme :

$$U_S = S.\Delta T$$

(II.4)

Appliquer le concept d'équilibre énergétique pour analyse en régime permanent des deux côtés de la TEM, la chaleur absorbée générée par la charge thermique,Q_A, et la chaleur libérée enlevée par le radiateur, Q_E, sont respectivement donnés par :

$$Q_A = S.I.T_A - \quad 0.51 \quad I^2R - K_{th}.\Delta T \quad \text{(II.5)}$$

et

$$Q_E = S.I.T_E + 0.5.I^2.R - K_{th}.\Delta T \quad \text{(II.6)}$$

La tension de sortie du TEM est alors :

$$V = \quad U_S \quad + I$$

(II.7)

Un bon TEM doit combiner un grand coefficient de Seebeck S avec faible résistance électrique R et faible conductivité thermique J_{th}. Le coefficient de performance (COP) est alors défini comme :

$$\mathrm{Z} = \frac{S^2}{R_{Kth}} \quad \text{(II.8)}$$

II.3. Détermination des Paramètres du Module Thermoélectrique:

En général, les fabricants TEC fournissent les informations suivantes: paramètres pour spécifier leurs produits: ΔT_{max}la différence de température maximale entre les côtés froids et chauds du TEC; I_{max} et V_{max} le entrées de courant et de tension pour produire ΔT_{max} pour un niveau donné de T_H. La température côté chaud d'un TEC de travail est toujours constant et presque égal à la température du matériau utilisé dans le système de refroidissement.

De plus, il est plus facile de mesurer la température côté chaud parce que cette surface est toujours en dehors de l'appareil TEC. Pour le refroidissement, un peut supposer que : $T_E = T_H$ et $T_A = T_H - \Delta T$, et Q_A est mis à zéro pour l'insolation thermique. La température la différence peut être exprimée comme :

$$\Delta T = (S.I.T_H - 0.5.I^2R)/\ \ (S.I + K_{th}) \quad \text{(II.9)}$$

La différence de température maximale peut être trouvée en prenant le dérivé de ΔT par rapport à *I* et mettre le résultat à zéro. Le courant maximal et la température peut être calculée comme :

$$I_{max} = K_{th}[(1 + 2.Z.T_H)^{0.5} - 1]/S \quad \text{(II.10)}$$

Et

$$\Delta T_{max} = T_H + \frac{[1-(1+ZT_H)^{0.5}]-1]}{Z} \quad \text{(II.11)}$$

Ensuite, la tension maximale peut être réécrite comme :

$$V_{max} = S.T_H \quad \text{(II.12)}$$

Par conséquent, étant donné la température d'émission T_E=T_H, les paramètres du modèle proposé peuvent être calculé par :

$$S = \frac{V_{max}}{T_H} \quad \text{(II.13)}$$

$$R_{th} = \frac{V_{max}\left(1-\frac{\Delta T_{max}}{T_H}\right)}{I_{max}} \quad \text{(II.14)}$$

et

$$R_{th} = \frac{V_{max} I_{max}(T_H - \Delta T_{max})}{2T_H \Delta T_{max}} \quad \text{(II.15)}$$

D'autre part, les paramètres réguliers dans le La fiche technique des TEG commerciaux comprend: T_A=T_H et T_E=T_C, les températures côté chaud et côté froid; W_m, la puissance à la charge adaptée à la charge interne résistance (R_L= R) ; (V_m=V_R), la tension de charge à la charge adaptée; et η_{th}^{max} le maximum thermique Efficacité. Évidemment, on peut facilement calculer le paramètre électrique du circuit équivalent directement de la fiche technique. La résistance électrique R et le coefficient Seebeck S d'un TEG peuvent être exprimés comme :

$$R = R_L = \frac{V_m^2}{W_m} \quad \text{(II.16)}$$

et $$S = \frac{2V_m}{\Delta T} \quad \text{(II.17)}$$

En fait, l'efficacité d'un TEG est fonction de la charge. Supposons que la résistance de charge est définie comme R_L= mR, où m est le rapport de résistance entre la charge et la résistance interne. Le courant peut être exprimé comme :

$$I = S/(1+m).R \quad \text{(II.18)}$$

Le rendement thermique d'un TEG est défini comme le rapport de la puissance électrique fournie à la puissance thermique entrée du côté chaud, qui peut être exprimée comme :

$$\eta_{th}^{max} = \frac{I^2 R_L}{Q_H} \quad \text{(II.19)}$$

Compte tenu du FOM, l'efficacité thermique du TEG peut être reformulée comme :

$$\eta_{th} = \frac{m.Z.\Delta T}{\left\{\left(1+m\right)^2 + Z.[m+0.5).T_H + 0.5.T_c\right]\}} \quad \text{(II.20)}$$

De toute évidence, l'efficacité du TEG est fonction du rapport de résistance m. L'efficacité maximale peut être donné comme :

$$\eta_{th}^{max} = (m_{pot} - 1)(\Delta T/T_H) \ /(m_{pot}T_c/T_H) \quad \text{(II.21)}$$

Où m_{pot} est la valeur du rapport de résistance *m* qui :

$$\mathrm{m_{opt}} = (1 + \mathrm{ZT_{ave}})^{0.5} \quad \text{(II.22)}$$

$$m_{pot} = (\Delta T \eta_{th}^{max} T_C \ )/(\Delta T - \ \eta_{th}^{max} T_H) \quad \text{(II.23)}$$

Et puis le FOM du TEG peut être trouvé comme :

$$Z = (m_{pot}^2 - 1)/T_{ave} \quad \text{(II.24)}$$

La conductivité thermique d'un TEG peut être calculée par :

$$K_{th}=I^2/R.Z \quad \text{(II.25)}$$

Certains fabricants donnent l'efficacité pour la charge correspondante $\eta_{th.m}$. Depuis la résistance de charge adaptée est adapté à la résistance interne, c'est-à-dire $R_L = R$, on trouve que le courant à la charge appariée être :

$$I_m = S\frac{\Delta T}{2R} \quad \text{(II.26)}$$

Et l'efficacité à la charge appariée est exprimée comme :

$$\eta_{\mathrm{th.m}} = \frac{Z\Delta T}{[4+Z(1.5 \ T_H+0.5 \ T_c)]} \quad \text{(II.27)}$$

Le FOM du TEG est ensuite calculé par :

$$Z = 4\eta_{TEG}^m/[\Delta T \eta_{TEG}^m - (1.5 \ T_H + 0.5T_c) \quad \text{(II.28)}$$

Enfin, la résistance thermique peut être obtenue.

II.4. Modélisation et Simulation :

Compte tenu des spécifications fondamentales d'un TEC directement à partir des fiches techniques du fabricant, les paramètres du modèle proposé peuvent être calculés par Equation.

Pour une application de refroidissement, le cold Sidé la température du TEC, T_C est une entrée souhaitée et puis la différence de température peut être obtenue pour une température T_H côté chaud donnée, à savoir $\Delta T = T_H - T_C$. Cette différence de température peut être :

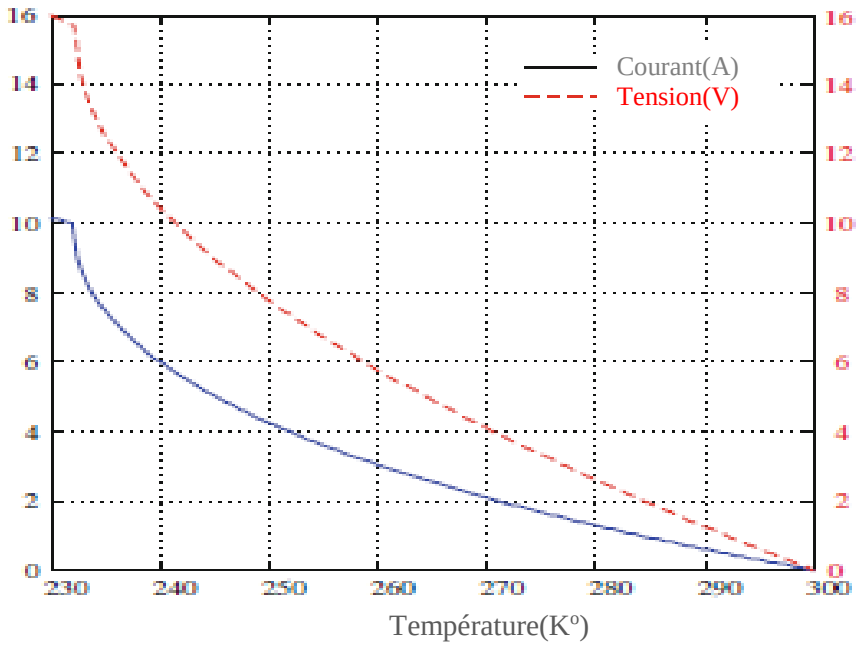


Figure II.1 : Caractéristiques des sorties TC – I et TC – V.

Construction de modèles et simulation de la simulation de la consommation d'énergie par le MATLAB Simulink.

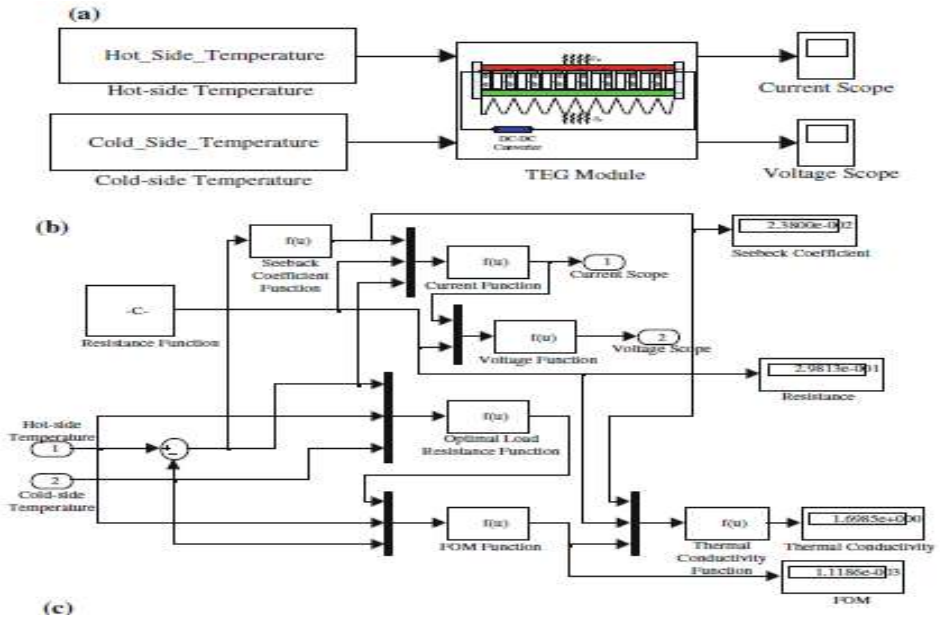


Figure II.2: Module TEG: (a) implémentation masquée, (b) implémentation de sous-système, et (c) boîte de dialogue.

$$I = \frac{\left\{(5T_H - \Delta T) - S\left[(T_H - \Delta T)^2 - \frac{2\Delta T}{Z}\right]^{0.5}\right\}}{R} \qquad \text{(II.29)}$$

La tension du TEC est alors donnée comme :

$$V = V_{MAX} - S[(T_H - \Delta T)^2 - 2\Delta T/Z]^{0.5} \qquad \text{(II.30)}$$

Par conséquent, le modèle proposé et son sous-système pour le module TEC peut être implémenté avec Matlab / Simulink comme illustré à la Fig. 2a – c, dans laquelle les paramètres du module TEC peut être configuré dans le sous bloc de la Fig. 2b de Simulink.

En prenant le module de refroidissement TEC1-12710 comme exemple, les fiches techniques du fabricant montrent que ΔT= 68 C, Imax = 10 A et Vmax = 15,4 V sous la condition que T_H= 27 C. À travers la configuration du bloc dialogue TEC dans Simulink, les paramètres du modèle sont S=0,0513 V/K; R=1,1909 Ω; K_{th} =0,8757 W / K, et Z= 0, 0026k^{-1}. Le résultat de simulation de T_C– I et T_C– V pour le TEC sont illustrés à la Fig II.2. Afin de contrôler le côté froid température à la valeur de 270 K, le courant de sortie et la tension d'alimentation sont réglés à 2,1 A et 4, 1 V, respectivement.

Les métaux ont une conductivité thermique élevée assurer une température uniforme à chaque extrémité. Négliger la sensibilité des inter-connecteurs métalliques et plaques céramiques, l'analyse du TEM peut être réalisée. Le phénomène de la conduction thermique est un procédé de Fourier décrit par la conductivité thermique du module. Pour un TEM avec *N* thermocouples, le transfert de chaleur par conduction thermique dans un TEM est décrite, ce qui est la puissance de charge à la charge adaptée de $R_L = R$. Le courant maximum est le courant de court-circuit à $V_L = 0$, c'est-à-dire :

$$I_{SC} = 2I_M \ldots \ = \frac{2W_M}{V_M} \quad \text{(II.31)}$$

$$V = R(I - I_{SC}) \quad \text{(II.32)}$$

La température côté chaud T_H est une entrée source et la différence de température peut être obtenue pour une température donnée côté froid T_C en tant que $\Delta T = T_H - T_C$.

Ensuite, la sortie courant et la tension du TEG peut être calculé à partir des équations (II.29) et (II.32) avec la température de la source de chaleur reste constantes. La puissance de sortie et l'efficacité thermique peuvent être représentées en fonction du courant électrique.

Le modèle proposé et son sous-système pour le TEG les modules sont implémentés en utilisant Matlab / Simulink illustrés aux Fig.II.2a – c, afin de faire la proposition du modèle plus facile à utiliser et à comprendre. De plus, le modèle masqué est conçu pour avoir une boîte de dialogue comme montré à la Fig. 3c.

II.5. CONCLUSION :

L’utilité des modules TEC et TEG est basée sur les fiches techniques des fabricants de TEM. Les paramètres TEM peuvent être extraits et les performances analysent effectuée de cette manière. Le TEC et Les modèles de TEG proposés ici sont compatibles avec Bibliothèques Matlab / Simulink pour d'autres contrôleurs CC et AC simulation de circuit électronique.

Ces modèles sont construits de la même manière que les bibliothèques de blocs Simulink. Le L’icône masquée rend le modèle de bloc plus convivial, et une boîte de dialogue permet à l'utilisateur de configurer le modèle TEM facilement.

Une telle convivialité les blocs sont faciles à utiliser pour les applications de température systèmes de poursuite du point de puissance maximale (MPPT).

III. 1 Introduction

Notre réfrigérateur thermoélectrique est basé sur l'utilisation des plaque Peltier TEG-12706 qui sont les éléments refroidisseurs fonctionnant en courant continue, placé en parallèle les deux faces d'un échangeur thermique en Aluminium de dimension 40mmx40mm et épaisseur de 10mm. Dont les côtés chauds des deux modules TEG-12706 sont exposé parallèlement aux surfaces latérales de l'échangeur thermique. L'échangeur thermique muni des deux plaques de Peltier (TEG 12706) est placé à l'intérieur d'une enceinte en bois et renforcé par une couche de mousse polyuréthane, afin de minimiser les apports de chaleur extérieur.

III. 2 Présentation du réfrigérateur :

Le réfrigérateur thermoélectrique que nous avons réalisé est un prototype destiné a expérimenté la capacité des éléments Peltier à produire du froid pour des petites applications tel que le refroidissement des boissons, des médicaments ou même des échantillons d'analyse au niveau des laboratoires médicaux.



Figure III.1 : Vue générale du réfrigérateur thermoélectrique

III.3 Caractéristiques physiques :

Le tableau ci-dessous illustre l'ensemble des caractéristiques du réfrigérateur à savoir les dimensions, le poids …etc.

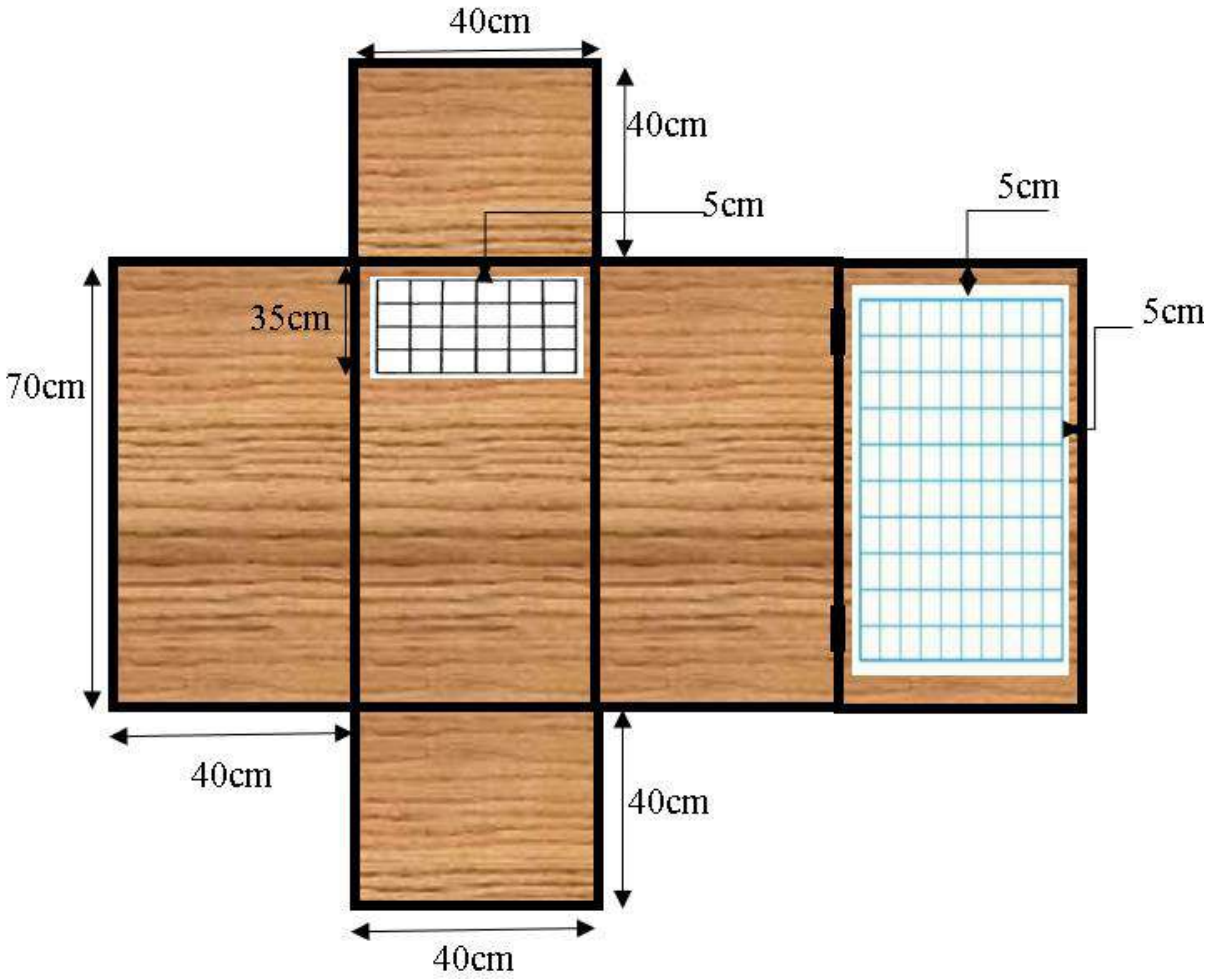


Figure III.2: Dimensions du réfrigérateur.

Désignation	Valeur
Hauteur H (cm)	70
Longueur L(cm)	40
Largeur (cm)	40
Poids (kg)	18
Volume (cm^3)	112000

Tableau 1 : Caractéristiques physiques

III.4 Caractéristiques électriques :

Comme son nom indique, notre réfrigérateur fonctionne entièrement a partir d'énergie électrique nécessaire pour le fonctionnement des plaques Peltier et ventilateurs, Les différentes caractéristiques électriques sont mentionnées sur le tableau ci-dessous :

Désignation	Valeur
Type de courant	Continu
Tension d'alimentation(V)	12
Courant consommé (A)	5
Puissance électrique (W)	50

Tableau 2 : Caractériel électrique

III.5 Caractéristiques de l'isolation :

Les parois du réfrigérateur sont réalisées en panneau de bois mélaminé présentant les caractéristiques suivantes :

Désignation	Valeur
Epaisseur (mm)	17
Mase volimique (kg/m^2)	680
Teneur en sable(%)	<0.15
Conductivité thermique (w/m.K)	0.12

Tableau 3 : Propriétés du bois mélaminé

Désignation	Valeur
Epaisseur (mm)	20
Proportion d'absorption d'eau (%)	<0.2
Conductivité thermique (w/m.K)	0.032

Tableau 4 : Propriétés de polystyrene

Désignation	Valeur
Epaisseur (mm)	7
Proportion d'absorption d'eau (%)	4
Conductivité thermique (w/m.K)	0.2

Tableau 5 : Propriétés panneau en plastique de PVC

III.6 Description du réfrigérateur :



Figure III.3 : Vue de face



Figure III.4: Vue arrière

III.6.1 Plaques Peltier :

Notre réfrigérateur comporte à l'intérieur deux plaques Peltier type TECI-12706 de dimensions 40x40mm et de puissance 30w, placés en parallèle de face chaude symétrique sur un échangeur thermique en Aluminium de dimension 40x40mm et d'épaisseur 10mm.

L'échangeur thermique a deux issues, une pour faire entrer de l'eau froid et l'autre pour faire sortir de l'eau dont son état est chaud après avoir récupérer la chaleur produite par les deux faces chaudes des deux modules Peltier.

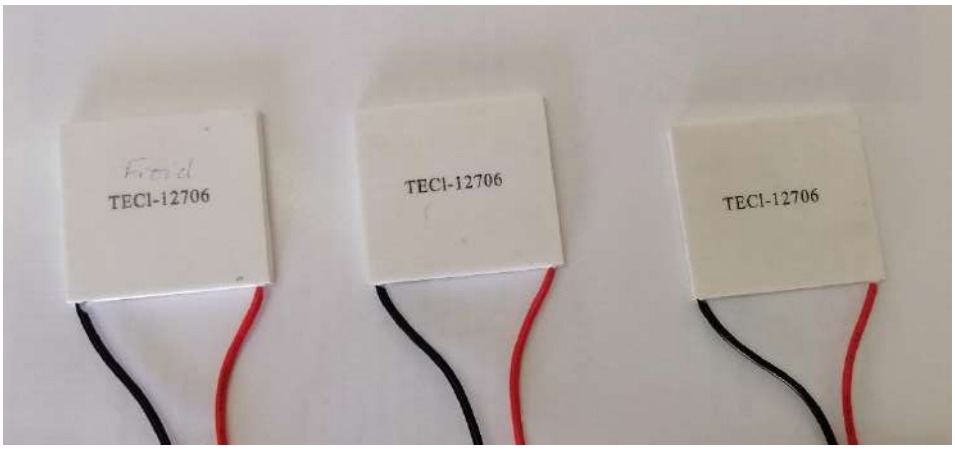


Figure III.5 : les plaques Peltier.

III.6.2 Dissipateurs de chaleur :

Les faces chaudes des plaques Peltier sont placées perpendiculairement une symétrique à l'autre sur les deux faces de l'échangeur pour assurer l'évacuation de chaleur produite par la face chaude de chaque plaque.

A la sortie de l'échangeur placé à l'intérieur de l'ancienne, on a récupéré l'eau chaude à l'aide d'une pompe de puissance 4,5 W, ensuite on a transféré ce débit d'eau à un autre échangeur thermique en aluminium identique à l'échangeur précédent.

Ce dernier fait l'opération inverse qui consiste à refroidir l'eau sortant du premier échangeur. Pour ce faire on a placé deux autres plaques de Peltier TECI-12706 parallèlement à cet échangeur en assurant le refroidissement par les deux cotés froides des Peltiers par une alimentation séparée des deux plaques.

Par conséquent et pour atteindre les performances optimales de ses deux plaques de peltiers, on expose ces faces chaudes à deux dissipateurs de chaleurs muni des ventilateurs.

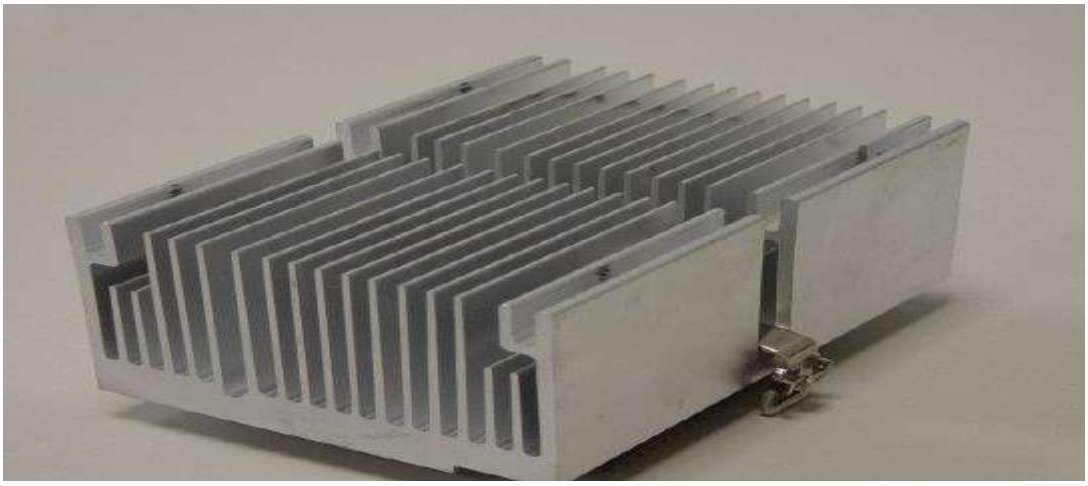


Figure III.6: Dissipateurs de chaleurs.

III.6.3 Les ventilateurs :

Les dissipateurs de chaleur sont associés à des ventilateurs pour mieux évacuer la chaleur produite par la face chaude des plaques Peltier.

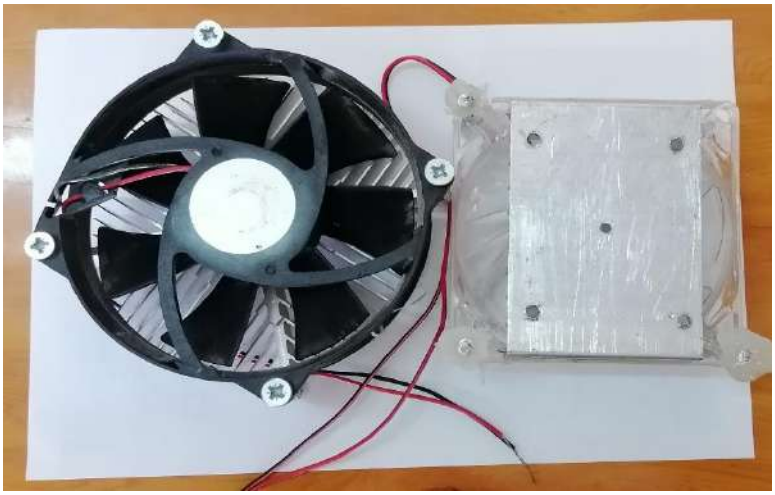


Figure III.7 : le ventilateur.

III.6.4 Démarches de réalisation :

L'aboutissement à la réalisation de ce réfrigérateur à était fait en passant par plusieurs étapes, en commençant par un traçage du croquis du produit final avec les différentes dimensions et cela a fine de prévoir les besoins en matière de bois, d'isolation et des éléments et des éléments constituants le réfrigérateur.

Les différentes étapes de réalisations sont :

III.6.5 Etape de réalisation :

- Le cadre du réfrigérateur de bois **:**



Figure III.8: le cadre.

- Placez le premier isolant du type polystyrène :



Figure III.9: isolant du type polystyrène

- Deuxième mode d'isolant de type PVC de plastique:



Figure III.10: Deuxième mode d'isolant de type PVC de plastique

- Montage plaque Peltier sur l'échangeur thermique intérieur:



Figure III.11: Montage plaque Peltier sur l'échangeur thermique interieur.

- Montage plaque Peltier sur l'échangeur thermique extérieur:



Figure III.12: Montage plaque Peltier sur l'échangeur thermique extérieur.

- Montage plaque Peltier sur l'échangeur thermique intérieur avec le capteur de température et d'humidité DHT22:



Figure III.13: Montage plaque Peltier sur l'échangeur thermique intérieur avec le capteur de température et d'humidité DHT22.

- Montage plaque Peltier sur l'échangeur thermique extérieur avec le capteur de température LM35.



Figure III.14: Montage plaque Peltier sur l'échangeur thermique extérieur avec le capteur de température LM35.

- Montage de la pompe sur la face arrière de réfrigérateur.



Figure III.15: Montage de la pompe sur la face arrière de réfrigérateur.

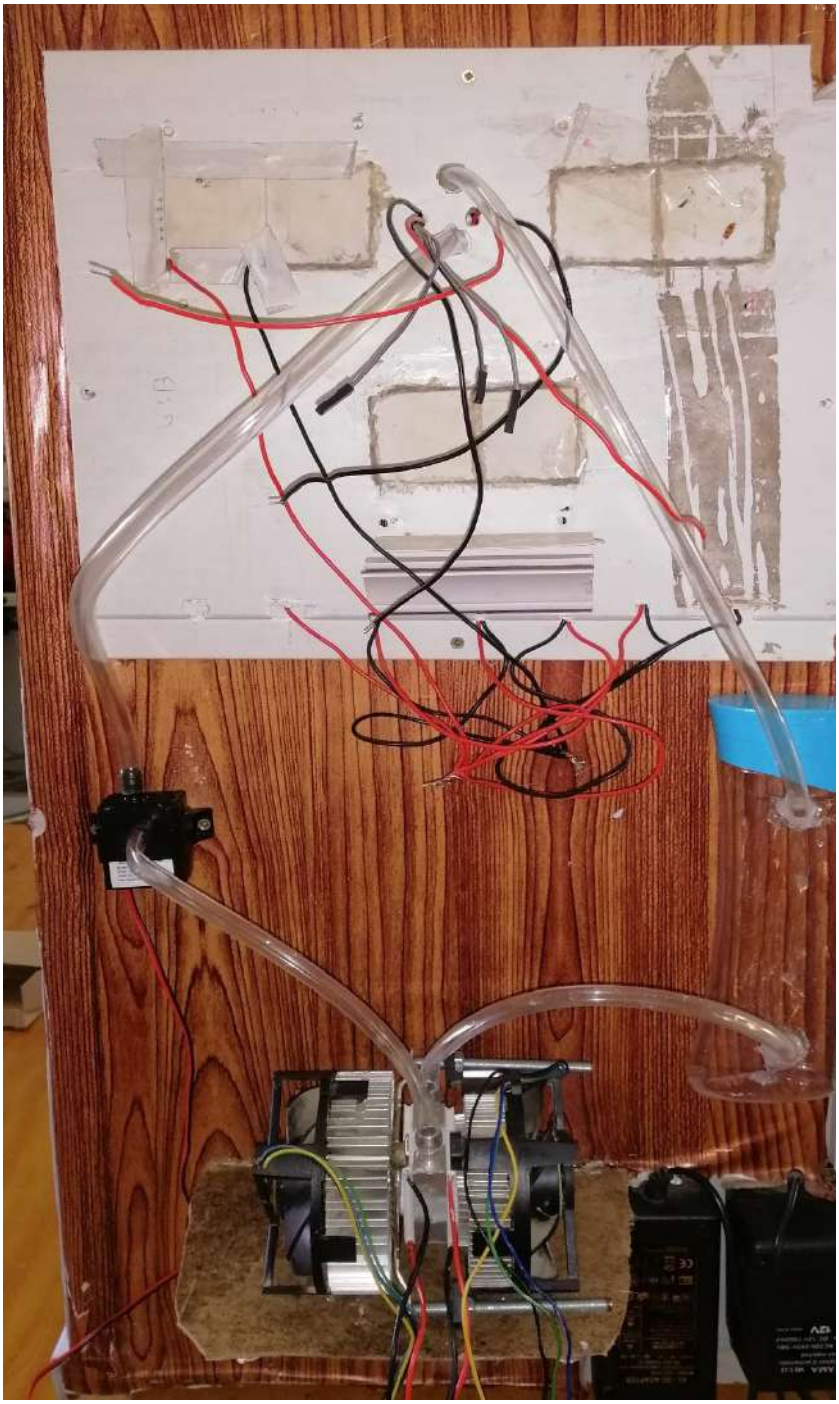


Figure III.15: La face arrière de réfrigérateur avec le circuit de refroidissement.



Figure III.16: Chargement du programme sur Arduino.

Cette étape est très importante, elle consiste à construire un programme sur l'ordinateur. Notre programme intéresse à l'affichage des températures mesurées par 2 capteurs DHT22, un est placé pour mesurer la diminution de température à l'intérieur de réfrigérateur et le deuxième DHT22 placé à l'extérieur pour mesurer la température ambiante, un dernier capteur LM35 placé sur l'échangeur extérieur pour mesurer la température de l'eau refroidi.

Toutes ses mesures sont affichées en temps réel sur un afficheur LCD.

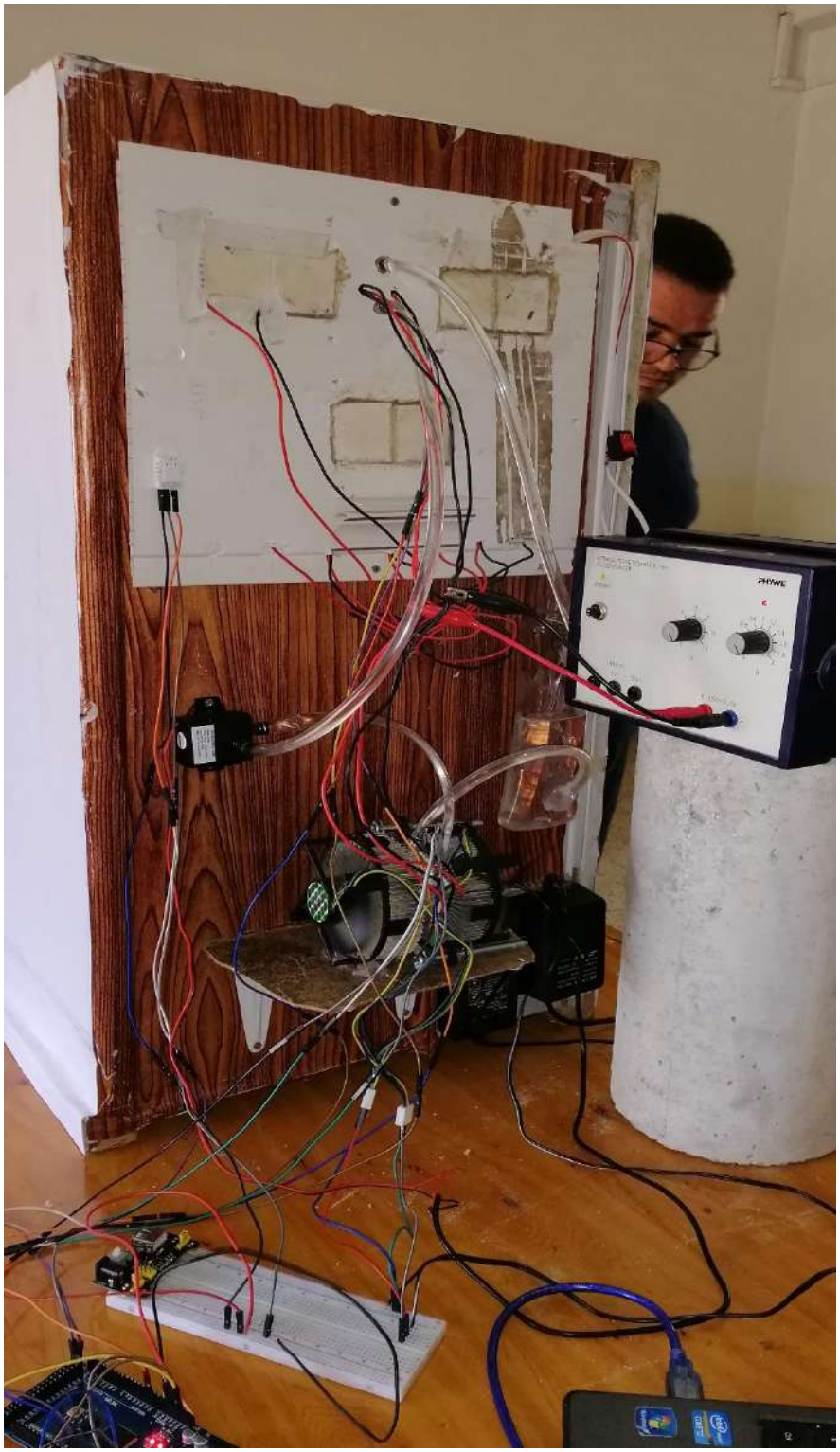


Figure III.17: Vue globale finale.

III.7. Conclusion :

Les technologies récentes de contrôle permettent de mieux doser le refroidissement que les compresseurs conventionnels. Il est aussi possible d'inverser la fonction d'un système en inversant efficace. Avec les côtés chaud et froid sont très proches.

En pratique, les modules Peltier actuels ne mesurent que 3a5mm d'épaisseur. Il est donc très important de gérer efficacement le flux de chaleur entrant et sortant du module. Techniquement, ceci est assuré par de larges dissipateur de chaleurs équipés de ventilateur. Les performances d'un module Peltier sont directement liées à la différence de température. Plus elle est importante, plus la capacité d'absorption nécessaire est basse. Des différentiels de température importants ne peuvent être obtenus qu'avec des éléments multi-étages complexes.

Conclusion générale :

Les objectifs de notre travail sont l'amélioration des performances d'un réfrigérateur thermoélectrique passant par la modélisation et la simulation d'un générateur thermoélectrique. Ainsi, après avoir donné, dans un premier chapitre, une présentation générale des effets et notions de base de la thermoélectricité, passant également en revue les propriétés physiques et chimiques des matériaux thermoélectriques et les applications thermoélectriques actuelles, on s'est intéressé à la modélisation et simulation par Matlab/Simulink du générateur thermoélectrique. Notre simulation est basée sur l'étude de la thermoélectricité, ainsi que les effets thermoélectriques tels que l'effet Seebeck, l'effet Peltier et l'effet Thomson. Un bon matériau thermoélectrique doit posséder aussi un bon coefficient Seebeck ou Peltier, une bonne conductivité électrique afin d'éviter les pertes par effet Joule et une faible conductivité thermique pour garder une différence de température appréciable aux bornes du matériau.

Pour tester l'efficacité et les performances des générateurs thermoélectriques, on a fait une réalisation pratique d'un réfrigérateur thermoélectriques à base des modules TEG_12706 et pour avoir une très bonne performance on a doté notre prototype par deux échangeurs thermiques qui réalise un circuit de refroidissement des générateurs thermoélectriques par l'eau qui repoussé par une pompe de 4,5 W.

Comme perspectives nous envisageons :

- L'amélioration des caractéristiques des modules TEG conçus par des semiconducteurs qui donne une bonne réponse de notre générateur thermoélectrique.
- Ceci est essentiellement motivé par la découverte des nouveaux matériaux possédant des performances accrues.
- L'inconvénient majeur des cellules photovoltaïques est lié à leur rendement. En effet, seule une partie du rayonnement incident peut être convertie en électricité, de plus les radiations non converties échauffent le panneau ce qui réduit encore le rendement. Une solution à ce problème est un module hybride thermoélectrique-photovoltaïque permettant d'obtenir un bon rendement.

RÉFÉRENCES bibliographie :

[1] : Camille FAVAREL « Optimisation de générateurs thermoélectriques pour la production d'électricité » en 2 juillet 2014.

[2] : MATHIEU MAAS **«** Structuration de générateurs thermoélectriques sur échangeur de type radiateur par électrodéposition » en 2-décembre 2015

[3] : Saima SIOUANE « Système thermoélectrique pour la récupération d'énergie : modélisation électrique et continuité de service de la circuiterie électronique »

[4] :Ioffe, thermo-éléments semi-conducteurs et thermoélectriques Refroidissement (Londres, Royaume-Uni: Infoserch Limited, 1957).

[5] :S.W. Angrist, conversion directe en énergie (Boston: Allyn and Bacon, 1982), p. 177.

[6] : J.A. Cha´vez, J.A. Ortega, J. Salazar, A. Turo´ et M.J. Garcı´a, IEEEIMTC.P. 2, 1019 (2000). Doi: 10.1109 / IMTC.2000.848895.

[7] : S. Lineykin et S. Ben-Yaakov, IEEE Power Electron. Lett. 363 (2005). Doi: 10.1109 / LPEL.2005.846822.

[8] : D. Mitrani, J.A. Tome´, J. Salazar, A. Turo´, M.J. Garcı´a, et J.A. Chavez, IEEE Trans. Instrum. Meas 54, 1548 (2005). doi: 10.1109 / TIM.2005.851473.

[9] : M. Chen, L.A. Rosendahl, I. Bach, T. Condra, Et J.K. Pedersen, Int. Conf. Thermoelect., 214 (2006). est ce que je: 10.1109 / ICT.2006.331335.

[10] : S. Lineykin et S. Ben-Yaakov, IEEE Trans. Ind. Appl. 43

[11] : Rachid Bechar ;Mouhye dine Kassem Tahra " Etude d'un réfrigérateur bormelectrique '.en 2017/2018.

Specification of Thermoelectric Module

TEC1-12706

Description

The 127 couples, 40 mm × 40 mm size single stage module is made of selected high performance ingot to achieve superior cooling performance and greater delta T up to 70 ℃, designed for superior cooling and heating up to 100 ℃ requirement. If higher operation or processing temperature is required, please specify, we can design and manufacture the custom made module according to your special requirements.

Features

- High effective cooling and efficiency.
- No moving parts, no noise, and solid-state
- Compact structure, small in size, light in weight
- Environmental friendly, RoHS compliant
- Precise temperature control
- Exceptionally reliable in quality, high performance

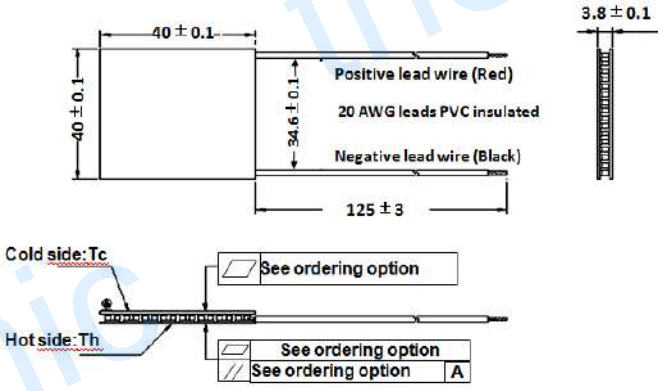
Application

- Food and beverage service refrigerator
- Portable cooler box for cars
- Liquid cooling
- Temperature stabilizer
- Photonic and medical systems

Peformance Specification Sheet

Th(℃)	27	50	Hot side temperature at environment: dry air, N_2
DT_{max}(℃)	70	79	Temperature Difference between cold and hot side of the module when cooling capacity is zero at cold side
U_{max}(Voltage)	16.0	17.2	Voltage applied to the module at DT_{max}
I_{max}(amps)	6.1	6.1	DC current through the modules at DT_{max}
Q_{Cmax}(Watts)	61.4	66.7	Cooling capacity at cold side of the module under DT=0 ℃
AC resistance(ohms)	2.0	2.2	The module resistance is tested under AC
Tolerance (%)	± 10		For thermal and electricity parameters

Geometric Characteristics Dimensions in millimeters



Sealing Option

A. Solder:

1. T100: BiSn (Tmelt = 138 ℃)

B. Sealant:

1. NS: No sealing (Standard)
2. SS: Silicone sealant
3. EPS: Epoxy sealant
4. Customer specify sealing other than above

C. Ceramics:

1. Alumina (Al_2O_3, white 96%)
2. Aluminum Nitride (AlN)

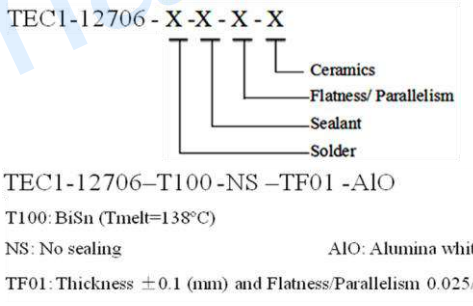
D. Ceramics Surface Options:

1. Blank ceramics (not metallized)
2. Metallized (Au plating)

Ordering Option

Suffix	Thickness (mm)	Flatness/ Parallelism (mm)	Lead wire length(mm) Standard/Optional length
TF	0:3.8±0.1	0:0.035/0.035	125±3/Specify
TF	1:3.8±0.05	1:0.025/0.025	125±3/Specify
TF	2:3.8±0.025	2:0.015/0.015	125±3/Specify
Eg. TF01: Thickness 3.8 ± 0.1 (mm) and Flatness 0.025 / 0.025 (mm)			

Naming for the Module

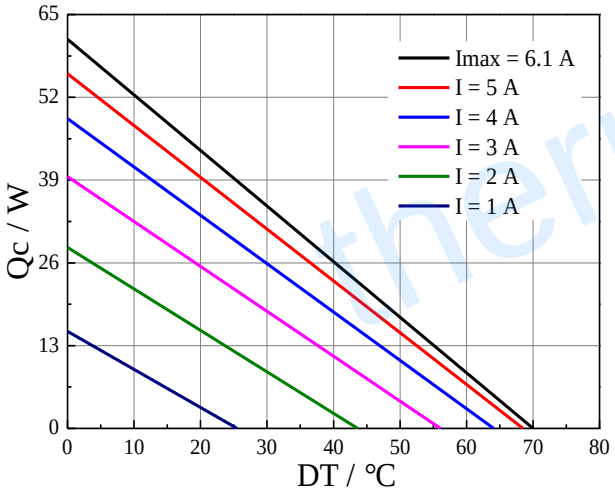


Tel: +86-791-88198288 Fax: +86-791-88198308 Email: sales@thermonamic.com.cn Web Site: www.thermonamic.com.cn

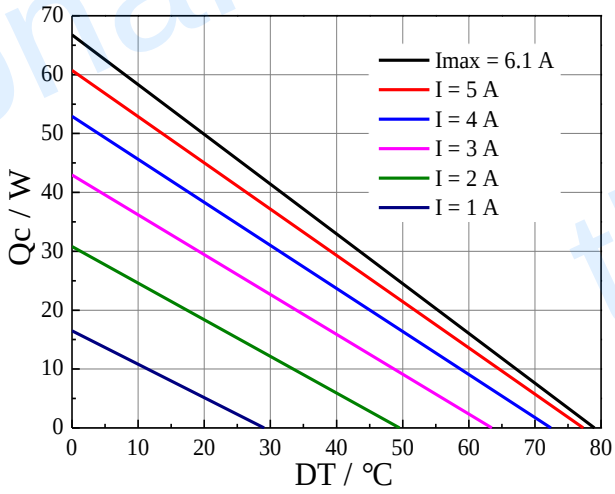
Specification of Thermoelectric Module

TEC1-12706

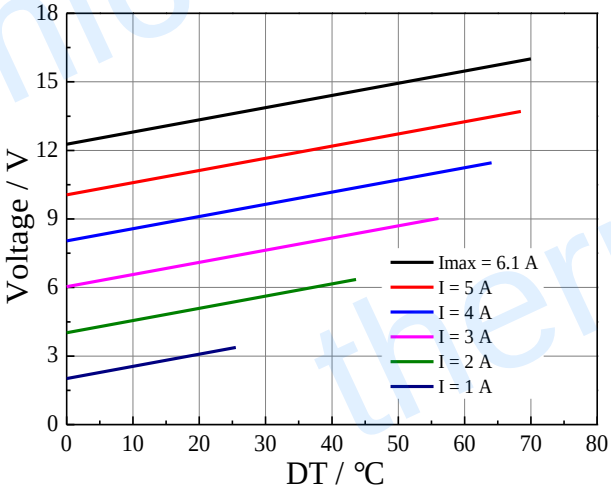
Performance Curves at Th=27 ℃

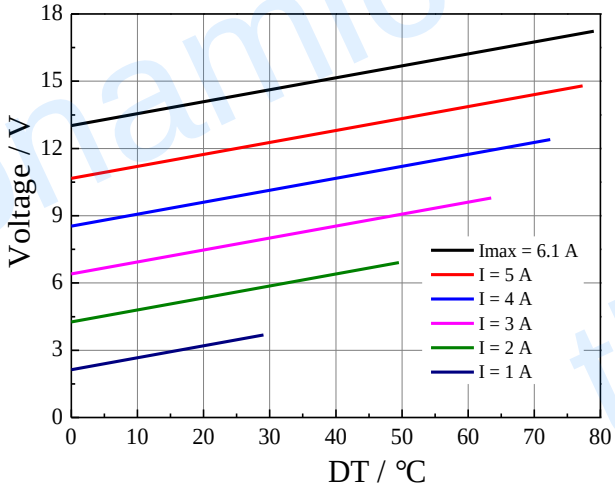


Performance Curves at Th=50 ℃

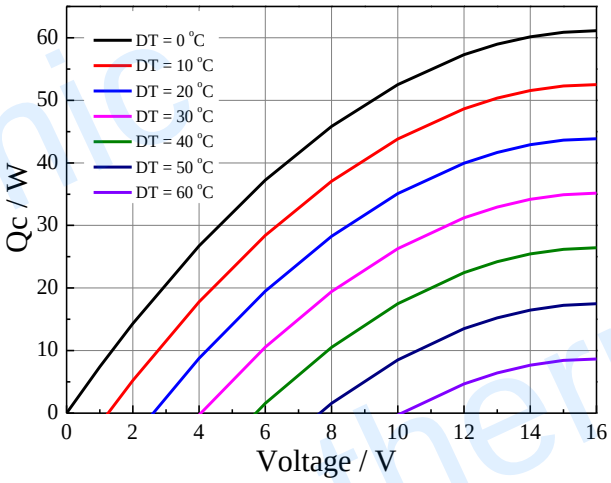


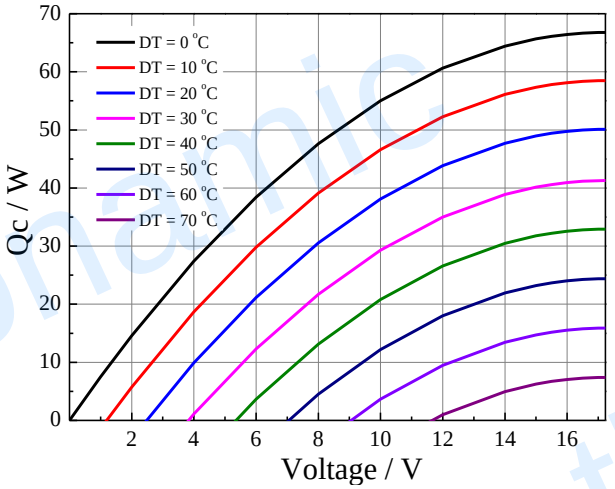
Standard Performance Graph Qc= f(DT)





Standard Performance Graph V= f(ΔT)





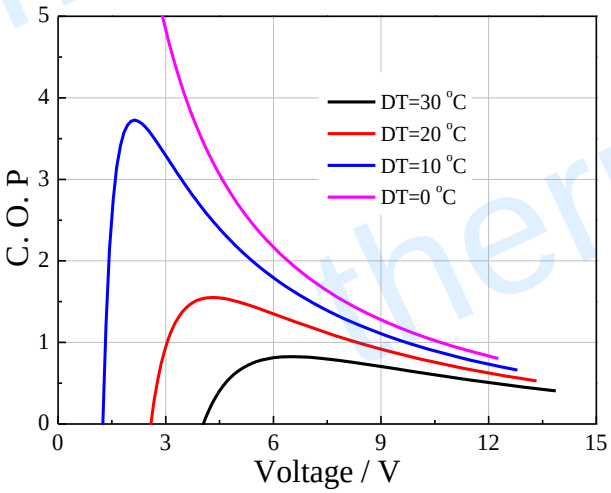
Standard Performance Graph Qc= f(V)

Tel: +86-791-88198288 Fax: +86-791-88198308 Email: sales@thermonamic.com.cn Web Site: www.thermonamic.com.cn

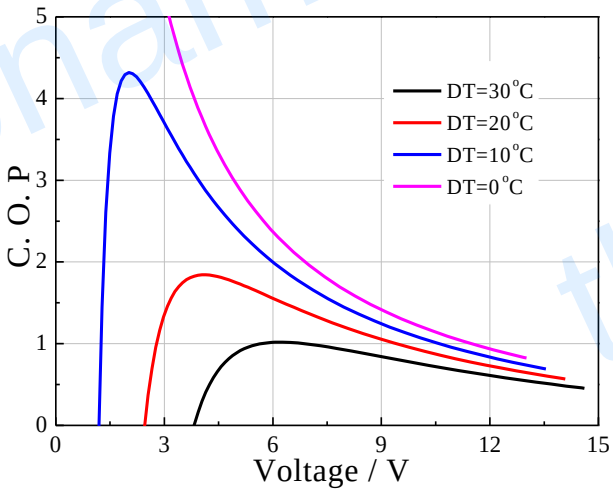
Specification of Thermoelectric Module

TEC1-12706

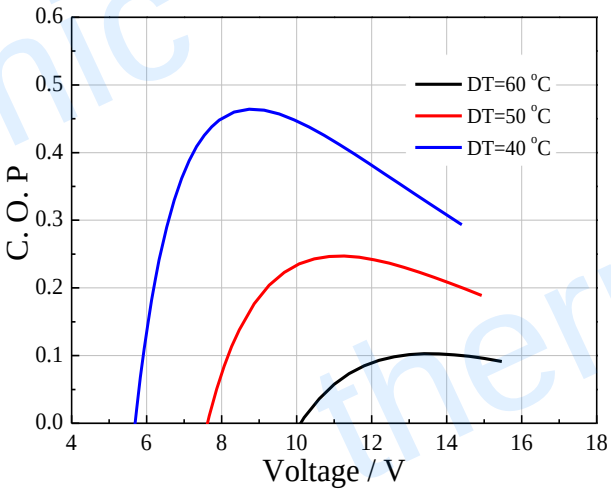
Performance Curves at Th=27 ℃

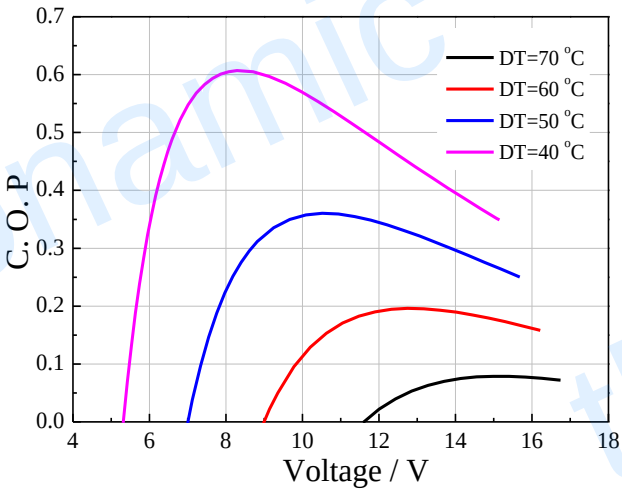


Performance Curves at Th=50 ℃



Standard Performance Graph COP = f(V) of ΔT ranged from 0 to 30 ˚C





Standard Performance Graph COP = f(V) of ΔT ranged from 40 to 60/70 ˚C

Remark: The coefficient of performance (COP) is the cooling power Qc/Input power (V × I).

Operation Cautions

- Cold side of the module sticked on the object being cooled
- Hot side of the module mounted on a heat radiator
- Storage module below 100 ℃
- Operation below I_{max} or V_{max}
- Work under DC