

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : Sciences de L'ingénierat
Département : Electronique
Domaine : Sciences et Techniques
Filière : Automatique
Spécialité : Automatique et Informatique industrielle

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Automatique
Spécialité : Automatique et Informatique Industrielle

Thème:

" Conception et Réalisation d'un Mini Climatiseur à
Effet Thermoélectrique (Module PELTIER) "

Présenté par : *BOULEBTATECHE Abderrahim*

Encadrant : ATOUI Hamza

Grade : *MCB*

UNIVERSITE : ANNABA

Jury de Soutenance :

FEZARI Mourad	Professeur	Université Annaba	Président
ATOUI Hamza	MCB	Université Annaba	Encadrant
BENOUART Mohamed	Professeur	Université Annaba	Examineur

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciements

*Avant tout, je remercie **ALLAH**, le tout puissant, de m'avoir donné le courage et la volonté pour accomplir ce travail.*

*Je dois beaucoup à mon directeur de mémoire **Dr. Atoui Hamza**, qui a su me faire profiter de sa science. Il m'a offert son temps et sa patience. J'ai beaucoup appris à son contact et ce fut un grand plaisir de travailler avec lui. Je voudrai lui adresser mes vifs remerciements et de lui témoigner ma sincère reconnaissance.*

*Je remercie aussi l'ensemble de mon jury de soutenance, le Président du jury **Pr. FEZARI Mourad** et **Pr. BENOUART Mohamed** en tant que examinateur, pour le temps consacré pour lire et examiner mon mémoire, et pour leur disponibilité.*

*J'adresse mes vifs remerciements au **Dr. BOULEBTATECHE Brahim** pour son suivi, sa patience, sa disponibilité, pour m'avoir aidé à finir ce travail.*

*Je remercie toute ma famille et mes amis spécialement **Mr. SIAGHI Mohamed Lamine** pour son aide dans la conception du modèle 3D en **SOLIDWORKS**.*

Enfin, Je remercie mes parents pour tous les sacrifices que vous avez fait pour moi.

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail, synonyme de concrétisation
de tous mes efforts fournis pendant ces années :*

*-A mes chers parents en témoignage de ma profonde
reconnaissance pour leur dévouement.*

-A tous mes enseignants ainsi que mes collègues

-A mes amis et mes frères.

-A tous ceux qui m'aiment et me respectent ...

ملخص

ظهر اهتمام متجدد بالكهرباء الحرارية في أوائل التسعينيات على الرغم من اكتشافه قبل قرنين من الزمان ، ويرجع ذلك على وجه الخصوص إلى ظهور مخاوف بيئية بشأن الغازات المستخدمة في التبريد وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري.

الهدف من عملنا هو تصنيع مكيف هواء صغير محمول لشخص واحد بتأثير كهروحراري (تأثير بلتيير) ، بعد أن قدمنا أساسيات الكهرباء الحرارية.

في هذا المشروع ، تمكنا من تصميم وبناء مكيف هواء صغير يعمل مع وحدة بلتيير. النتائج التي تم الحصول عليها مشجعة. **الكلمات المفتاحية:** الكهرباء الحرارية ، تأثير سيبك وتأثير بلتيير ، تكييف السيارة ، ثلاجات محمولة ، متحكم دقيق.

Résumé

Un regain d'intérêt à la thermoélectricité est apparu au début des années 1990 malgré sa découverte deux siècles passés, dû en particulier à l'émergence des préoccupations environnementales concernant les gaz utilisés en réfrigération et les émissions de gaz à effet de serre.

L'objectif de notre travail est la réalisation d'un mini-climatiseur portatif pour une seule personne à effet thermoélectrique (effet Peltier), après avoir présenté les notions de base de la thermoélectricité.

Dans ce projet on a pu faire la conception et la réalisation d'un mini-climatiseur qui fonctionne avec un module Peltier. Les résultats obtenus sont encourageants.

Mots clés : Thermoélectricité, Effet Seebeck et Effect Peltier, Climatiseur voiture, Frigos portables, μC .

Abstract

A renewed interest in thermoelectricity appeared in the early 1990s despite its discovery two centuries ago, due in particular to the emergence of environmental concerns regarding gases used in refrigeration and greenhouse gas emissions.

The objective of our work is the realization of a portable mini air conditioner for one person with thermoelectric effect (Peltier effect), after having introduced the basics of thermoelectricity.

In this project we were able to design and build a mini-air conditioner that works with a Peltier module. The results obtained are encouraging.

Keywords: Thermoelectricity, Seebeck effect and Peltier effect, Car air conditioning, Portable fridges, μC .

Sommaire

- Remerciement
- Dédicace
- Introduction générale

Chapitre 1- Les Circuits Frigorifiques

- 1- Introduction 6
- 2- Généralités sur le froid artificiel 7
- 3- Circuit frigorifique 10
- 4- Fluides frigorifiques : avantages et inconvénients 15

Chapitre 2- La Thermoélectricité: effet Seebeck et effet Peltier

- 1- Introduction 17
- 2- Les effets thermoélectriques 18
- 3- Relation de Kelvin 22
- 3- Module thermoélectrique 22

Chapitre 3: réalisation de mini climatiseur

- 1- Problématique 25
- 2- Proposition de la solution 25
- 3- Présentation du mini climatiseur 26
- 4- Concept de fonctionnement 29

Chapitre 4: Simulation de la partie électronique

- 1- Conception électronique 31
- 2- Simulation de la partie électronique 33

Conclusion générale

Annexe

Références

Introduction Générale

En général, la climatisation concerne la technique qui arrive à modifier, contrôler et réguler les conditions climatiques d'un local pour des **raisons de confort** (automobile, bureaux, maisons individuelles) ou pour des **raisons techniques** (laboratoires médicaux, locaux de fabrication de composants électroniques, blocs opératoires, salles informatiques, etc.). Le premier climatiseur moderne est inventé par l'ingénieur **Willis Haviland Carrier** en 1902. Les circuits frigorifiques se composent de quatre éléments principaux : le compresseur, le condenseur, le détendeur et l'évaporateur; tout le principe repose sur la transformation d'un fluide frigorigène de son état liquide vers l'état gazeux. L'inconvénient majeur des circuits frigorifiques à fluide frigorigène est la nature des fluides utilisés, ils sont toxiques et inflammables. La découverte de la thermoélectricité au 19ème siècle par **Seebeck, Peltier** et **Kelvin** a ouvert un horizon vers la réalisation des circuits frigorifiques plus sécurisés et économiques se basant sur un phénomène thermo-physique présent dans certains matériaux traversés par un courant électrique. Dans ce projet de PFE de nature **socioéconomique**, on essaye de concevoir et réaliser un **mini climatiseur personnel** à base de modules Peltier pour bureau et chambre à coucher miniature, économique et portable.

Notre projet se compose des parties suivantes:

- les circuits frigorifiques
- la thermoélectricité : effet Seebeck et effet Peltier
- réalisation de notre mini-climatiseur
- la partie électronique et leur simulation

Chapitre 1 - Les Circuits Frigorifiques

1- Introduction

De nos jours, la réfrigération fait partie de notre vie que ce soit pour conserver nos aliments ou nous rafraichir, ceci est dû aux avancées technologiques qui offrent plusieurs méthodes pour produire le froid. Mais pour un bon système de production de froid, il faut choisir la meilleure façon de le faire et surtout la plus rentable du point de vue économique et aussi environnementale.

Dans cette première partie de cette étude, nous allons citer les différents processus physique et chimique susceptibles d'utilisation dans l'obtention du froid, de façon à mieux cerner les spécialités attachées à la thermoélectricité, sur laquelle a été centré le travail reporté ici.

Histoire des circuits frigorifiques

Après avoir observé que les aliments se conservent mieux en hiver, les humains ont longtemps essayé de reproduire la température de l'hiver pour conserver leurs aliments en été. C'est ainsi que les gens ont fabriqué de la glace et du froid artificiel pendant des siècles. Ce n'est que lorsque le microscope a été découvert qu'on s'est rendu compte que des températures inférieures à 10°C ne tueraient pas les micro-organismes, mais empêcheraient leur développement. Évidemment, pour conserver les aliments par le froid est bien plus intéressant que d'utiliser des méthodes traditionnelles telles que le séchage, le fumage ou le décapage ; depuis, le développement des méthodes de réfrigération ne s'est pas arrêté.

L'utilisation traditionnelle de la réfrigération est de fournir une climatisation confortable pour la vie et le fonctionnement normal des équipements industriels de précision, le refroidissement ou la congélation après la récolte, ainsi que la transformation et le stockage des aliments. Le produit est conservé par refroidissement, congélation, etc.

Il y a deux types du froid artificiel: le froid positif (la réfrigération) et le froid négatif (la congélation)

Dans un réfrigérateur il existe 3 types de refroidissement :

- **Le froid statique** : Le principe est simple, l'air froid reste en bas du réfrigérateur et l'air chaud monte. Un évaporateur est présent en haut pour refroidir cet air chaud montant. Son handicap est de créer la présence de givre dans le frigo.
- **Le froid brassé** : c'est un petit ventilateur qui permet de répartir uniformément le froid dans le réfrigérateur.
- **Le froid ventilé** : le froid ventilé, également appelé "no frost", est la technologie la plus récente. Un air sec (air sec = pas de givre) et froid circule en permanence à tous les niveaux du réfrigérateur, grâce à une colonne de ventilation située dans la paroi du fond.

2- Les techniques de production de froid

Générer du froid équivaut à absorber de la chaleur, car le refroidissement d'un corps n'est pas à lui donner une certaine quantité de froid, mais à extraire une certaine quantité de chaleur, puis libérer la chaleur retirée dans le milieu environnant. Parmi les nombreux mécanismes endothermiques, diverses transformations peuvent être citées :

- **Procédés thermodynamiques:** Par exemple le mélange de glace avec NaCl(chlorure de sodium) diminue la température de congélation jusqu' -25°C .
- **Procédés magnétiques:** Ces technologies sont principalement au domaine de la recherche en physique, Certaines substances paramagnétiques sont placées sous champ magnétique puis soumises à un refroidissement par démagnétisation adiabatique. Cette fonction est utilisée à très basse température (proche du zéro absolu).
- **Procédés électriques:** le refroidissement thermoélectrique le plus populaire est produit par le module peltier, si l'on fait passer le courant dans une série de tiges semi-conductrices placées entre deux jonctions conductrices. Pendant ce temps, l'une des jonctions se refroidit et l'autre jonction se réchauffe. Cet effet est réversible et dépend du sens du courant.

Il y a plusieurs types de machine de production de froid, notamment :

- **Machines à compression:** Ces machines sont le plus souvent utilisées dans l'industrie ou les ménages. Le schéma de principe de ce type de machine est représenté par la Figure 3. On va parler de son principe de fonctionnement dans les circuits frigorifiques.

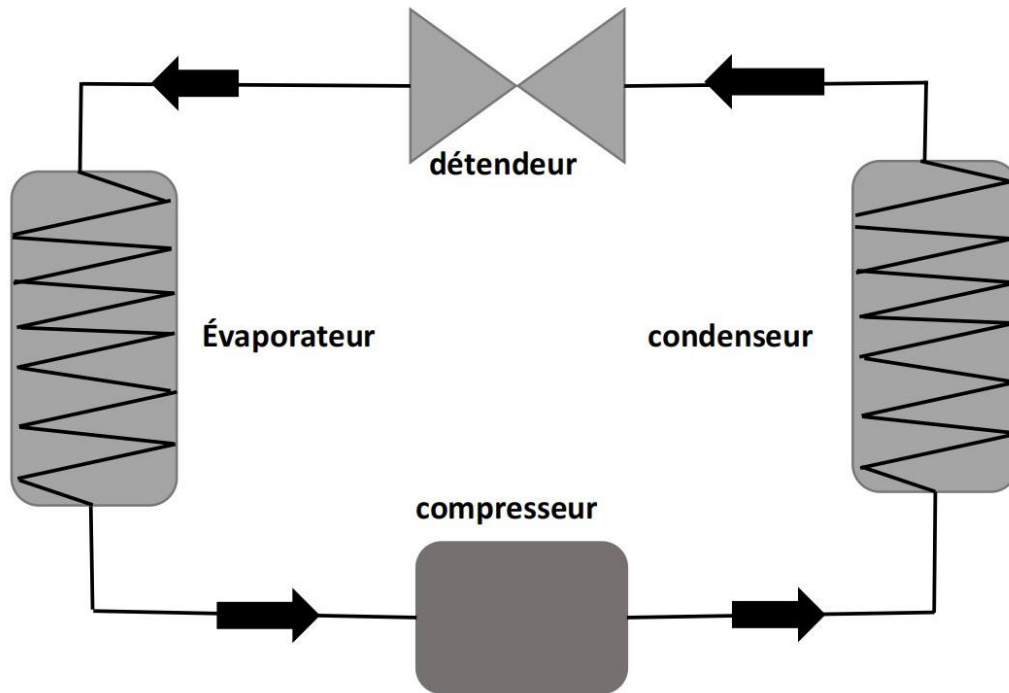


Fig.3 : schéma de base des circuits frigorifiques

- **Machines à cycle de Joule:** dans le cas le plus simple, ces machines comportent un compresseur entraîné par un moteur, qui est généralement relié à une turbine où est récupérée une partie de l'énergie générée par la détente du fluide. Cette énergie est considérée comme l'énergie auxiliaire pour entraîner le compresseur. Par rapport aux machines à compresseurs, l'efficacité est plus faible, le principal inconvénient de ces machines est qu'elles produisent des effets utiles à des températures variables.

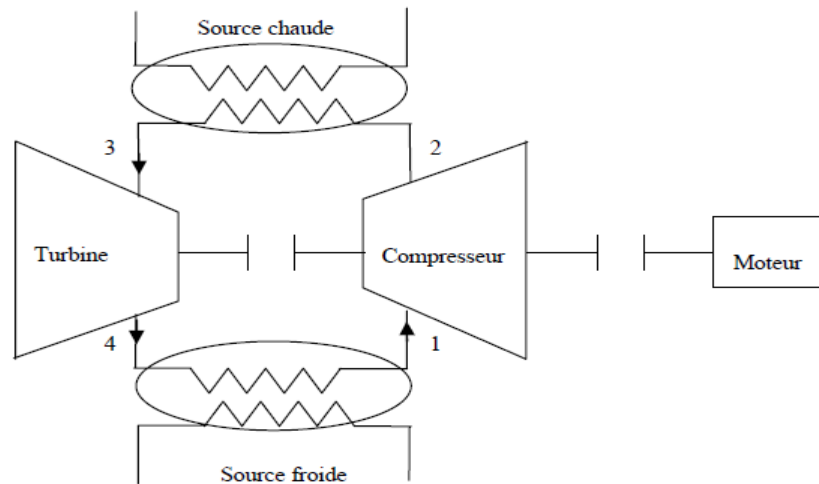


Fig. 1 : Schéma d'une machine frigorifique à effet de Joule

- **Machines thermoélectrique:** Cette technique de refroidissement est basée sur l'effet Peltier. Ce processus consiste à faire circuler un courant électrique à travers la jonction conductrice (semi-conducteur), ceci va générer des phénomènes thermiques (effet Joule). Cela conduit au refroidissement: Un côté est chauffé par la perte de chaleur de l'autre côté. C'est une méthode très simple mais avec faible efficacité, elle est utilisée dans de nombreux domaines tels que les mini réfrigérateurs, mini climatiseur (thème de notre étude).



Fig. 1.2 - Mini réfrigérateur et mini climatiseur à effet Peltier

3- Circuit frigorifique

3-1 Principe de fonctionnement

La plupart des circuits frigorifiques (appelé aussi cycle thermodynamique) que ce soit dans les réfrigérateurs ou les pompes à chaleurs fonctionnent selon le même principe qui est celui de refroidir un endroit relativement froid, et de chauffer simultanément un autre endroit relativement chaud. En utilisant un fluide frigorigène et quatre composants principaux dans ce cycle que nous décrivons plus tard.

Avant de présenter le principe de fonctionnement de ce cycle il faut bien comprendre les 3 états de la matière (solide, gazeux et liquide) et leur changement, et pour ça on va étudier le cas le plus populaire c'est le cas de l'eau, on a pour une pression égale **1atm** :

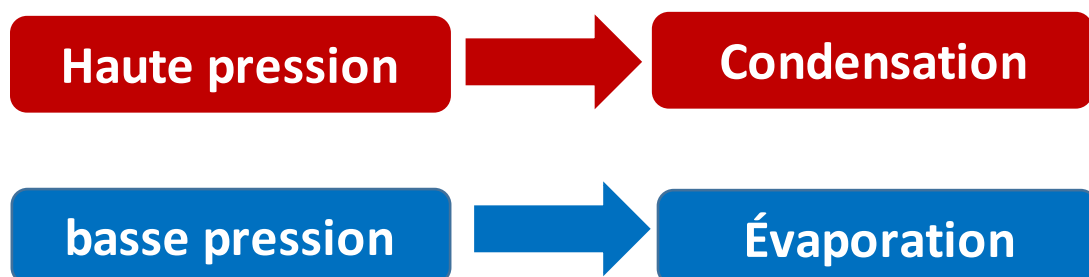
$T^{\circ}(\text{eau}) < 0^{\circ}\text{C}$	=====>	état solide
$0^{\circ}\text{C} < T^{\circ}(\text{eau}) < 99^{\circ}\text{C}$	=====>	état liquide
$99^{\circ}\text{C} < T^{\circ}(\text{eau})$	=====>	état gazeux

Lorsqu'on change la pression, la température de changement d'état va changer aussi, de façon que si la pression a été augmenté, le passage de l'état gazeux vers l'état liquide nécessitera une température moins importante, et l'inverse dans le cas d'une basse pression le passage de l'état liquide vers l'état gazeux (la vaporisation) nécessitera une

température moindre que 99°C. Ce principe est utilisé avec le fluide frigorigène dans la machine frigorifique :

*sous une haute pression le point de condensation d'un fluide est réduit et le point d'évaporation augmente.

*sous une basse pression le point d'évaporation d'un fluide diminue alors que le point de condensation augmente.



Donc, le choix d'un fluide dépend de son point d'évaporation et de condensation lorsqu'on change de la pression, que ce soit pour le refroidissement ou pour l'échauffement.

3-2 Principaux Composants

Pour une réalisation d'un circuit frigorifique basic on a besoin de cinq composants au minimum (compresseur, condenseur, détendeur, évaporateur et le fluide frigorigène).

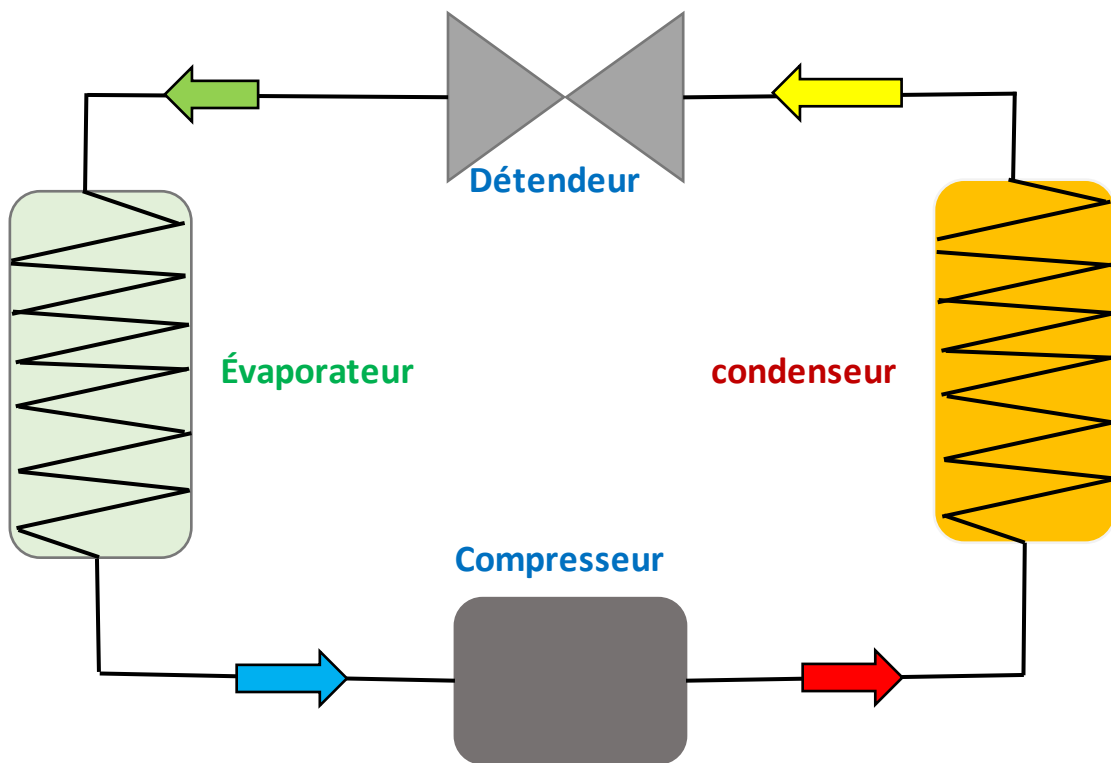


Fig. 1.3- Schéma de base d'un cycle frigorifique

- **Le fluide frigorigène** : appelé aussi le fluide réfrigérant, ce fluide circule dans la machine frigorifique et on le trouve dans deux états liquide, gazeux ou un mélange entre les deux, le changement d'état de ce fluide dépend de la pression et de la température, le fluide tend à aspirer la chaleur à basse température et basse pression puis il la dégage si la température et la pression ont été augmenté.
- **Le compresseur** : le compresseur est le cœur de l'installation frigorifique, son rôle est de faire la compression du fluide frigorigène, le fluide arrive au compresseur à basse pression afin de sortir sous pression élevée.

La plupart des compresseurs sont alimentés électriquement et produisent de la compression mécaniquement.

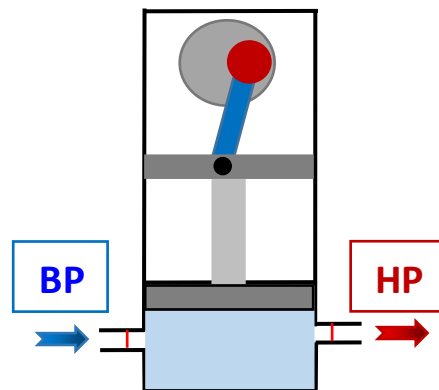


Fig. 1.4 - Schéma de base d'un compresseur

- **Le condenseur :** à ce niveau le milieu est très chaud car le fluide frigorigène est à haute pression cela le rend enclin à dégager de la chaleur, il passe dans un condenseur où toutes ses calories vont être relâchées à ce moment le fluide repasse à l'état liquide en se condensant.

Dans le cas d'un chauffage, cette chaleur doit être utilisée pour l'échauffement de l'environnement, donc il faut assurer une très haute qualité de la condensation de ce fluide.

- dans notre cas (le refroidissement) cette chaleur doit être perdue au le milieu extérieur par un ventilateur

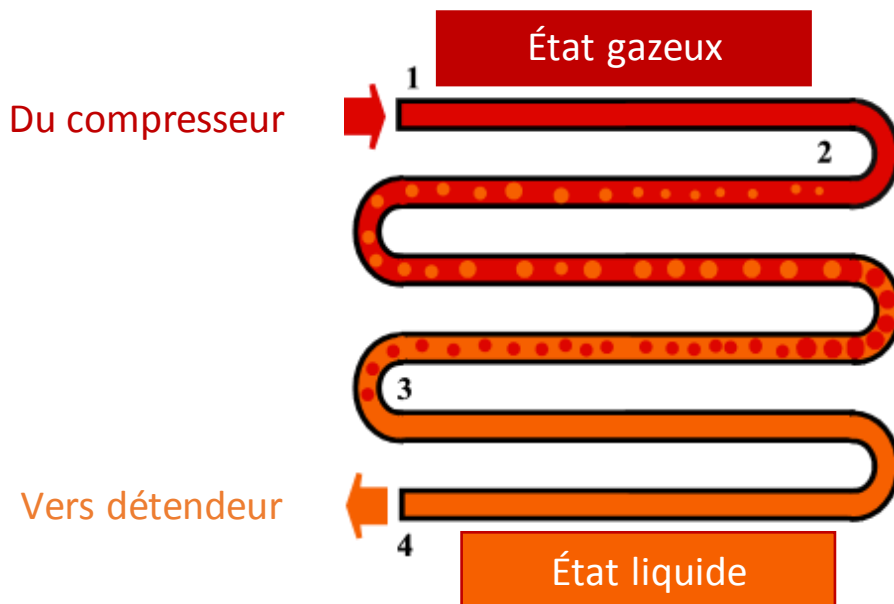


Fig. 1.5- Principe de fonctionnement d'un détendeur

- **Le détendeur** : à ce stade, le détendeur fait de la détente du fluide frigorigène, il abaisse leur pression (de la haute pression vers une basse pression), cette diminution est très importante pour rendre le fluide capable de capter de la chaleur une autre fois de manière parfaite.

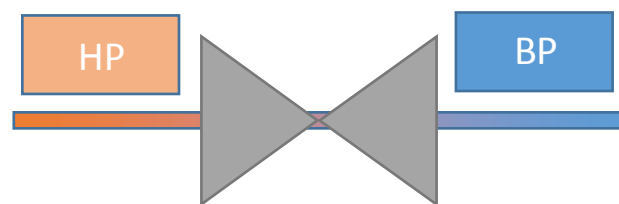


Fig. 1.6 - Schéma du détendeur

- **L'évaporateur** : dans cette étape, le fluide frigorigène est à l'état liquide sous une basse pression, le fluide frigorigène passe de l'état liquide vers l'état gazeux à cause de l'absorption de la chaleur de l'évaporateur.

Pour notre cas (refroidissement), cette énergie est captée à l'intérieur de l'environnement qu'on veut refroidir.

4- fluides frigorigènes : les avantages et inconvénients

Les machines frigorifiques utilisent des fluides ayant des propriétés thermodynamiques très avantageuses pour le refroidissement comme :

- **L'ammoniac (NH₃)**
- **Le chlorométhane** nommé aussi **le fréon 40 (CH₃Cl)**
- **Le chloroéthane (C₂H₅Cl)**
- **Le dioxyde de carbone** nommé aussi gaz carbonique (**CO₂**)
- **Le fréon fabriqué R11, R12, R124, R134a, R402a, R402b, R507, R508b...etc**

Mais le problème dans ces tous fluides est qu'ils présentent plusieurs inconvénients et danger pour l'homme et pour la terre à cause:

- * de leur toxicité comme le fréon 40 **CH₃Cl**,
- * combustibles comme l'ammoniac **NH₃**,
- * son efficacité juste pour une pression très élevée comme le **CO₂**,
- * détruit la couche d'ozone comme le fréon **R11, R12, R504...etc.**,

De nos jours les fluides utilisés pour le refroidissement sont plus sécurisés, par exemple, il y'a des fréons qui sont très sécurisés mais très chers aussi, donc il reste toujours des inconvénients pour l'homme et la terre. Dans notre étude, on essaie de remplacer le fluide frigorigène par d'autres méthodes de refroidissement (effet Peltier) et nous essayons de garder le même rendement de refroidissement.

Chapitre 2- La Thermoélectricité: effet Seebeck et effet Peltier

1- introduction

Dans ce chapitre, on va étudier la thermoélectricité et ses différents usages pour la production de l'électricité ou pour le refroidissement.

En 1821 le physicien Allemand Thomas Johann Seebeck remarqua qu'il y'a un courant continu qui circule dans un circuit formé de deux métaux de nature différente et dont les jonctions sont à des températures différentes, ce courant est capable de dévier une aiguille aimantée.

À l'aide de cette expérience, Seebeck inventa la batterie thermoélectrique et l'utilisation la plus connue de thermocouple qui mesure la température.

En 1834, le physicien français Jean-Charles Peltier montra un effet inverse de l'effet Seebeck, lorsque on applique un courant continu à deux métaux différents soudé ensemble, on observe une différence de température de part et d'autre des jonctions entre les deux métaux (échange thermique), c'est l'effet Peltier.

En 1838, le physicien Heinrich Lenz montre que la chaleur a été absorbée ou libérée à la jonction des métaux (de nature différente) selon le sens du courant électrique qui circule dans les métaux.

En 1950, un académicien et un chercheur russe Abraham Loffe découvre que les semi-conducteurs ont un effet thermoélectrique plus efficace que les autres matériaux pour la production de l'électricité, les semi-conducteurs sont une bonne solution pour la réduction de la conductivité thermique (minimisation de perte de Joule), donc un rendement plus meilleur que le rendement des métaux.

2- Les effets thermoélectriques

Les effets associés à la thermoélectricité sont de deux types:

- **Effet Seebeck**

C'est un effet thermoélectrique, il a été découvert en 1821 par le physicien allemand Thomas Johann Seebeck qui a remarqué lorsque l'aiguille d'une boussole est placée entre deux types de conducteurs différents, et lorsque leurs extrémités sont reliées par des nœuds de températures T différentes, son aiguille fléchira. Ce phénomène peut être expliqué par l'apparition du champ magnétique, et même pensé pour expliquer l'existence du champ magnétique terrestre. Ce n'est que plus tard que l'on comprend l'origine électrique de ce phénomène : deux matériaux aux propriétés différentes, A et B, sont reliés l'un à l'autre par deux jonctions thermiques T . L'une des jonctions atteint la température T_1 , par exemple $T_1 > T$. Une tension apparaît alors différente entre le bout froid et le bout chaud. Considérons maintenant A et B comme des semi-conducteurs de type n et de type p, respectivement. L'effet Seebeck peut s'expliquer par la diffusion des porteurs de charge, e^- (électron) ou e^+ (trou) du côté chaud vers le côté froid. Pour un circuit ouvert, e^- (électron) est la masse de la partie froide du matériau de type n, et la masse de e^+

(cavité) est la partie froide du matériau de type p. Par conséquent, la partie froide du semi-conducteur N sera polarisée Négatif, et Positif pour la partie chaude du semi-conducteur P. Par conséquent, nous avons une différence de charge, ce qui crée une différence de potentiel entre les deux extrémités froides de ces matériaux. Son application la plus connue est la mesure de température (thermocouple), et sa deuxième application ne semble pas très intéressante, c'est un générateur de chaleur.

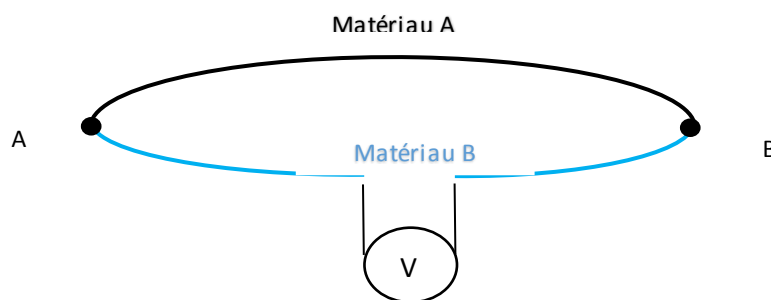


Fig. 2.1 - effet Seebeck

● Effet Peltier

Il a été découvert en 1834 par le physicien français Jean Peltier qu'il peut contrer l'effet Seebeck en appliquant le courant (différence de potentiel) que nous voyons. L'apparition de flux de chaleur (différence de température). Après avoir connecté l'extrémité d'un fil de bismuth à une batterie et deux fils de cuivre, il a remarqué que l'une des jonctions cuivre/bismuth chauffait et l'autre se refroidissait. Plus généralement, l'effet Peltier se manifeste dans deux situations où le conducteur est soumis à une tension continue. Le sens du déplacement thermique dépend du sens du courant dans le conducteur, ce qui assure la réversibilité du système.

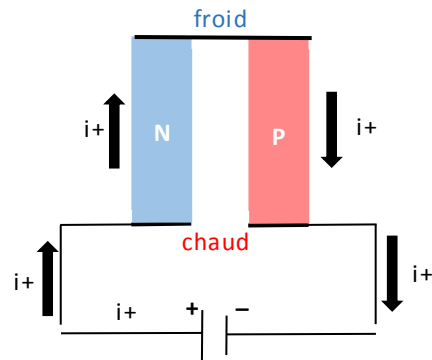


Fig. 2.2a - Schéma de l'effet Peltier

L'effet Peltier est utilisé dans le noyau du module ou de la batterie Peltier. Le courant continu passe à travers une série de semi-conducteurs connectés.

Pris en sandwich entre deux morceaux de matériau thermiquement conducteur, l'un est chargé positivement et chauffé, et l'autre est chargé négativement et refroidi.

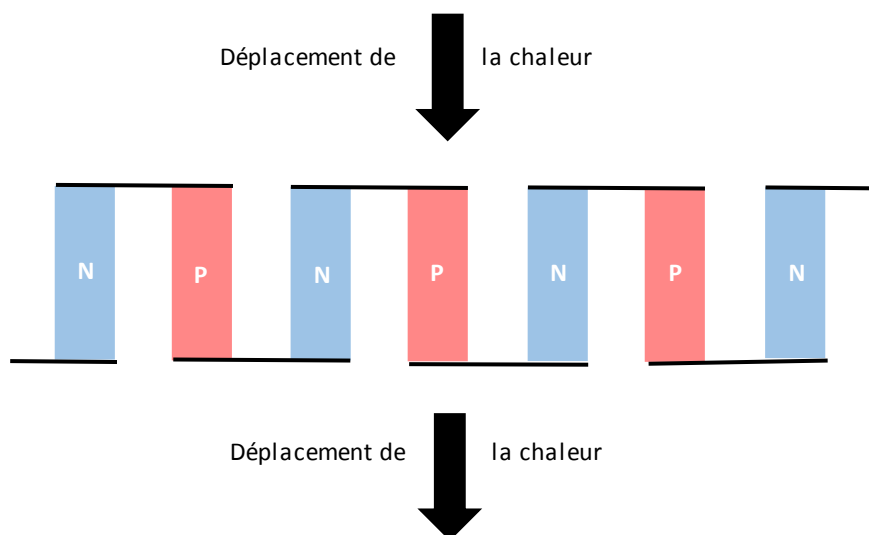


Fig. 2.2b - Schéma de la cellule à effet Peltier

L'application la plus courante de ses modules est dans le domaine de la réfrigération. Les laboratoires et les hôpitaux qui les utilisent pour le refroidissement analytique et le transport d'organes, ainsi que les systèmes de refroidissement pour les processeurs informatiques.

● Effet Thomson

Découvert par le baron Kelvin William Thomson en 1851, presque c'est le même principe de l'effet Peltier, il y a un seul changement est que l'effet Peltier utilise deux matériaux (donc il y a des jonctions) mais dans l'effet Thomson on utilise un seul matériau (pas de jonction). Le matériau est affecté par le gradient thermique et échange de la chaleur avec l'environnement extérieur à travers le courant, ce qui signifie que lorsque le courant est fourni et qu'il existe un gradient de température, selon le sens du courant, la chaleur est soit absorbée, soit rejetée.

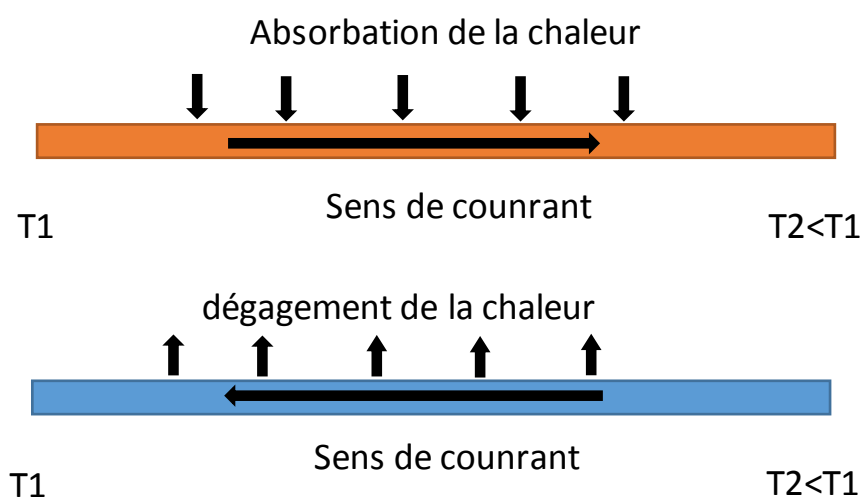


Fig. 2.3 : schéma de principe de l'effet Thomson

3- Relations de Kelvin

Kelvin montre que les trois coefficients Seebeck, Peltier et Thomson ne sont pas indépendants les uns des autres. Ils sont liés par les deux relations suivantes :

$$\Pi_A = S_A \cdot T$$

$$\beta_A = T \cdot dS_A/dT$$

Où Π_A , S_A et β_A sont respectivement le coefficient Peltier (W.A-1), coefficient de Seebeck (V.K1) et le coefficient de Thomson (V.K-1) de matériau A donné. T est la température (k). Ces deux relations de Kelvin peuvent être dérivées en utilisant la thermodynamique irréversible. Leur validité a été démontrée pour beaucoup de matériaux thermoélectriques et on assume que ces relations peuvent être utilisées pour toutes les applications thermoélectriques. Les effets thermoélectriques peuvent être exploités afin de convertir directement l'énergie thermique en énergie électrique et faire ainsi de la génération électrique (l'effet Seebeck). Inversement à travers l'effet Peltier, ils peuvent rendre possible la réfrigération, la climatisation ou encore la production de froid et de chaud ; cas d'une pompe à chaleur par exemple. Il est alors, nécessaire de définir un critère traduisant l'efficacité de conversion des matériaux, afin d'en sélectionner les plus appropriés. On utilise un critère qualitatif, le facteur de mérite ZT. IL va faire l'objet de la partie suivante :

3- Le module thermoélectrique (module de Peltier)

3-1-Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement du module Peltier est basé sur l'effet Peltier qui consiste en un transfert d'énergie thermique en réponse à la tension appliquée. L'énergie thermique circule entre les deux côtés du

module : froid et chaud. Par conséquent, le module absorbe la chaleur d'un élément (par exemple une LED) touchant le côté froid et la restitue à un autre élément du système (par exemple un radiateur) qui est en contact avec le côté chaud. La configuration du module Peltier est illustrée ci-dessous :

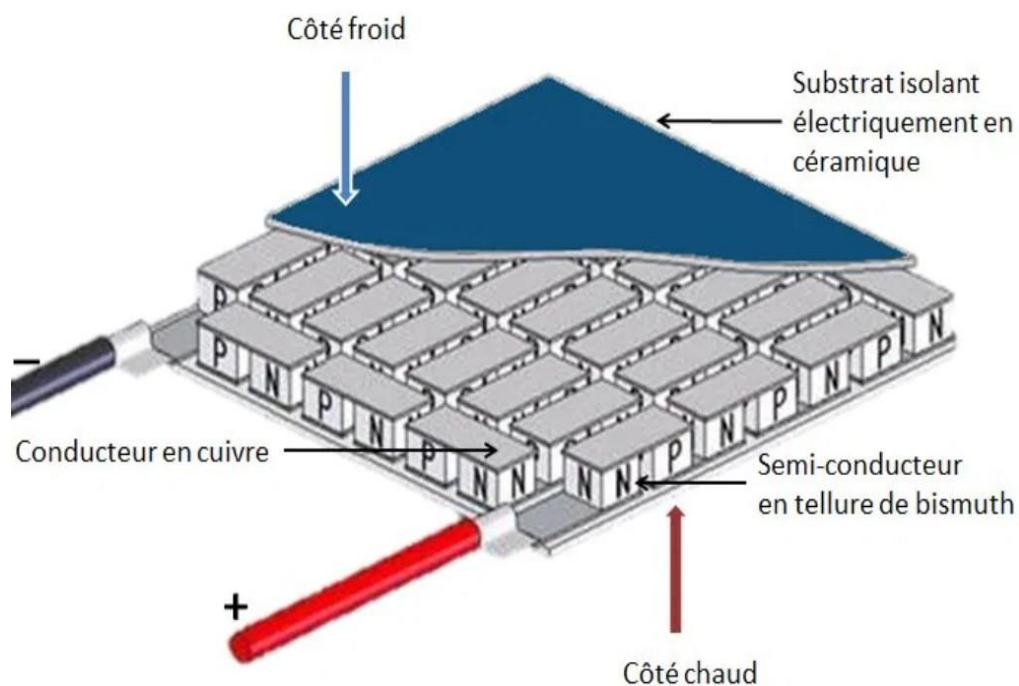


Fig. 2.4 - Configuration du module Peltier

3-2 Utilisation du module thermoélectrique

Le dispositif thermoélectrique que vous pouvez utiliser contient également un module de jonction p-n et n-p, il peut fonctionner comme un effet Seebeck ou un effet Peltier tout en maintenant une différence de température fixe entre les deux faces.

En plus du fonctionnement Seebeck qui produit une différence de potentiel sur les bornes de sortie du module lorsqu'un circuit ouvert se produit, on distinguera également deux autres modes de fonctionnement différents : la vitesse du moteur génère un travail sous forme de courant, qui va être

dissipée dans la résistance. R Vs I_w W et la vitesse de la pompe à chaleur par effet Peltier sont obtenues par le courant I_w injecté en sortie du module.

- **Fonctionnement en moteur (effet Seebeck)**

- Le côté chaud de ce module reçoit une certaine quantité de chaleur de la source de chaleur, (à travers une résistance).
- La source de chaleur au module retourne à l'autre côté (côté froid) sous forme de puissance, cette chaleur évacuée par la circulation d'eau.
- Dans ce cas, le fonctionnement en effet Seebeck produit une différence de potentiel sur les bornes de sortie du module

- **fonctionnement en climatiseur (effet Peltier)**

- dans le cas d'un climatiseur ou d'un réfrigérateur, on doit alimenter les bornes du module, on remarquera que il y a un côté chaud et un froid, dans le cas d'un climatiseur) il faut refroidir le côté chaud pour assurer un bon fonctionnement. Est-ce possible on peut vraiment réaliser un mini climatiseur avec ce module Peltier on va voir ça dans le chapitre 3.

Chapitre 3 - Conception et réalisation d'un mini climatiseur

1- Problématique

En général le climatiseur est installé dans des endroits de grande envergure (par exemple: maison, salle d'attente, lieu de travail), en plus il est fixé en certain angle de ce endroit. Donc réellement on a deux problèmes :

- a- Climatiseur fixe
- b- Refroidissement pour toutes les personnes

***Est-ce que vraiment on peut réaliser un mini climatiseur portatif pour un bureau (pour une seule pesonne) ?**

2- Proposition de la solution

Ce type des climatiseurs est déjà existant dans les véhicules et les bus (il y a un mini climatiseur pour chaque personne), mais cette solution ne répond vraiment pas au besoin car ce type des climatiseurs sont fixes (impossible de déplacer avec l'homme). Dans ce chapitre on va essayer de résoudre ce problème, et réaliser un mini climatiseur portatif.

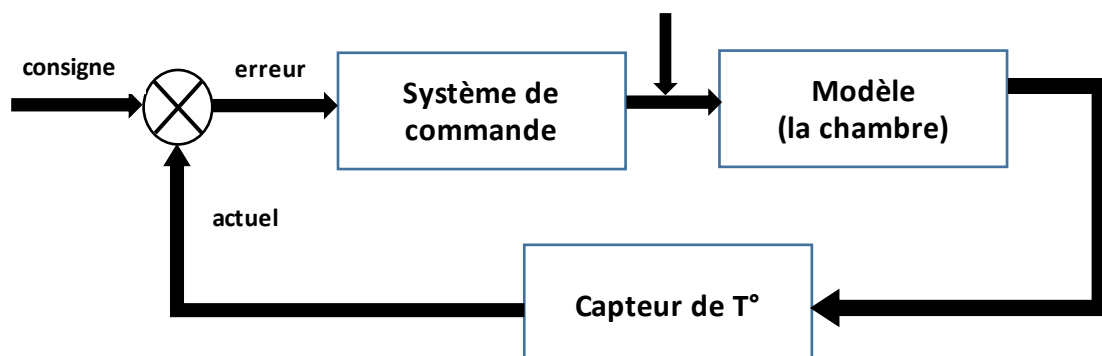


Fig. 3.1 - schéma bloc de système

3- Présentation de mini climatiseur

Les Composants du mini climatiseur et matériels utilisés sont:

- **deux modules Peltier (1)**
- **bloc d'eau (2)**
- **deux radiateurs (3)**
- **deux ventilo (4)**
- **deux pompes (5)**
- **deux bacs d'eau (6)**
- **deux capteurs de T° (7)**
- **tubes en cuivre (8)**

*le modèle en 3D suivant démontre les matériels utilisés :

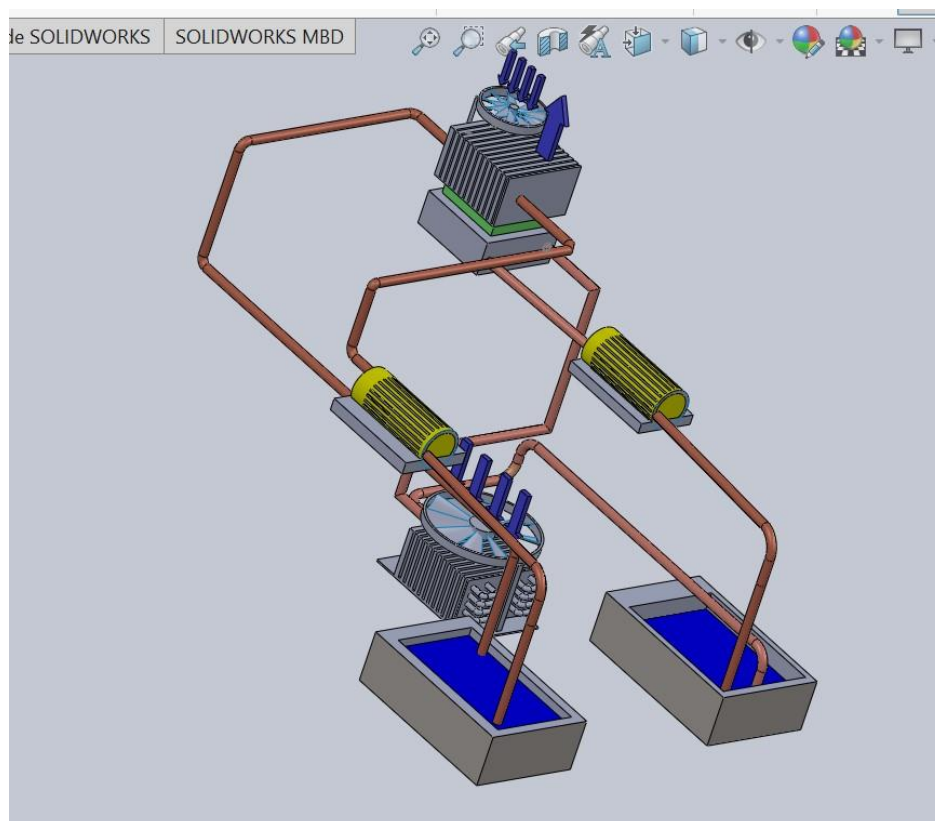


Fig. 3.2- Modèle 3D du climatiseur réalisé montrant les différents composants utilisés

4- Concept de fonctionnement du mini climatiseur

Pour obtenir un bon rendement et une bonne efficacité de notre système, plusieurs tests sont effectués afin de réaliser le montage final :

1ère expérience : le test du module Peltier

Lorsqu'on alimente le module Peltier avec 12v, le câble rouge vers le plus et le câble noir vers le moins on remarque que Le coté sur laquelle il est écrit «TEC1 12706» se refroidit et l'autre côté se chauffe (avec un doigt, on peut le sentir), mais après quelques secondes (7s) le côté chaud commence à influencer sur le côté froid et la température entre les deux coté devient presque la même.

Donc le module Peltier n'est pas efficace s'il est fonctionné tout seul. On a besoin d'autres techniques pour améliorer le rendement de ce module.

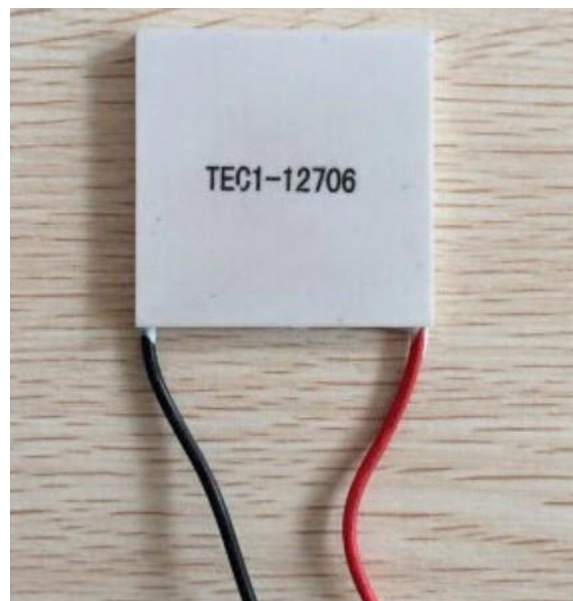


Fig. 3.3 - Le module Peltier 12706

2ème expérience : dissipation de la chaleur de côté chaud

Dans cette expérience, on a utilisé un radiateur en aluminium qui est mis du côté chaud de ce module grâce à une pâte thermique pour assurer un meilleur contact. Le rôle du radiateur est juste d'absorber la chaleur donc

logiquement après un certain temps la température du radiateur devient la même que la température du côté chaud (la différence de température est égale à zéro). Pour cela on a ajouté un ventilateur pour évacuer la chaleur produite (ventilateur d'un pc), comme le montre la figure suivante :



Fig. 3.4 : Module Peltier avec un dissipateur de chaleur en aluminium

Ainsi, on a obtenu un bon résultat et nous avons atteint un point où une goutte d'eau a gelé juste après 12s, mais après quelques minutes le même phénomène apparait encore où le côté chaud influence le côté froid de nouveau.

3ème expérience : refroidissement avec un réfrigérant (eau)

Dans cette expérience on va refroidir le côté chaud avec un réfrigérant (eau), pour ce test on a besoin d'un:

- **water block**: cette pièce est placée dans le côté chaud du module Peltier grâce à la pâte thermique, le water block utilisé pour transférer la chaleur de côté chaud du module Peltier dans l'eau qui traverse le water block, les micro-tubes à l'intérieur augmentent la surface de refroidissement.

- **une pompe**: leur rôle est de faire circuler le fluide dans **des tubes en cuivre** de façon permanent (Nous avons choisi des tubes en cuivre car ils ne retiennent pas la chaleur). L'eau retourne dans un **bac d'eau** et le cycle recommence,

On peut dire que cette technique (le refroidissement par air) est plus efficace que le refroidissement par air, mais il y a aussi des inconvénients pour cette technique, l'eau devient chaude après une période spécifiée, donc on a besoin de changer l'eau à chaque fois.

4ème expérience (la dernière) : le refroidissement de l'eau par le module Peltier

Dans la 3ème expérience, on remarque que le module Peltier fait pas mal de givre, et on sait que ce dernier diminue le rendement du système que ce soit dans les réfrigérateurs (congélateurs) surtout dans les anciens modèles, que pour le module Peltier.

Dans cette expérience l'objectif est de :

- * faire fondre le givre pour un meilleur rendement
- * refroidir l'eau chaude

On sait que lorsqu'on fond le givre une grande quantité de froid est libérée et c'est pour ça on utilise un pont en H pour inverser la polarité du module Peltier pendant quelques seconde puis revenir à la polarité d'origine.

Pour profiter de ce froid, nous apportons un **deuxième bac d'eau** et **des tubes** en cuivre et **un radiateur** d'un ancien PC, on doit placer le radiateur dans le côté froid du module Peltier grâce à la pâte thermique, les tubes de cuivre sont croisés à l'intérieur du radiateur, une **deuxième pompe** pour faire circuler l'eau froide à l'intérieur des tubes.

On utilise un **deuxième radiateur** au milieu de l'installation, les tubes de côté chaud et de côté froid passe par ce radiateur avant de retourner à chaque bacs d'eau, pour l'objet de faire un échange thermique entre l'eau chaude et l'eau froide. Sur ce radiateur on doit placer **un ventilateur** afin de bien refroidir l'eau du côté chaud.

Le résultat: le problème que côté chaud influence sur le côté froid est en grande partie résolu, cette solution est le meilleur que nous avons trouvé.

L'air froid consommé par la personne

Au début, on a placé un ventilateur directement sur la partie froide, mais cette méthode n'est pas du tout réussie, donc on a placé un radiateur connecté avec la côté froid. on a placé ensuite un ventilateur un peu puissant (d'un PC) sur le radiateur, l'air de ventilo passe par le radiateur avec une température égale à la température de la chambre, il sort par un petit trou est devient froid utilisable par le consommateur. La figure suivante montre bien cette idée:

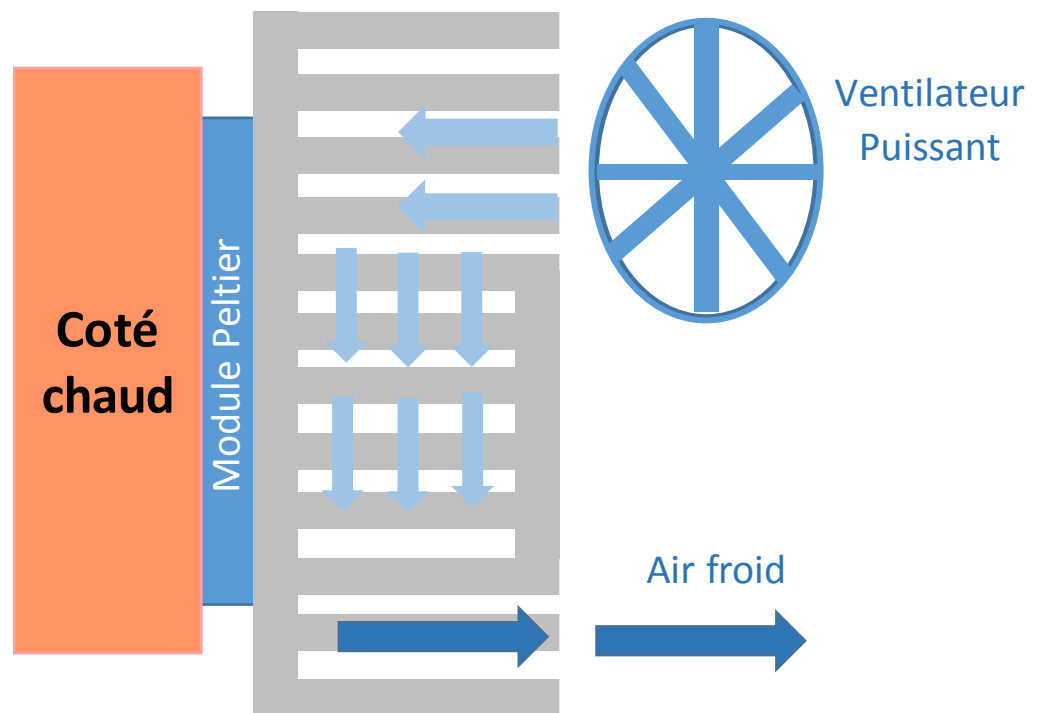


Fig. 3.5 – Principe d'extraction de l'air froid

Chapitre 4 - Résultats de Simulation de la partie Électronique

1- Partie électronique

La partie électronique est composée de circuit de puissance et de capteurs pour commander les pompes, les ventilateurs, et les modules Peltier. Le circuit de puissance est un pont-H construit autour du module L298. Un comparateur d'hystérésis est utilisé pour fixer les seuils de contrôle des vitesses des ventilos. Une carte Arduino Uno assure la gestion de l'appareil.

- Pont en H L298

À certain point le module Peltier fait le givre, ce givre fait diminuer le rendement de notre module, donc pour dissiper ce givre on utilise la technique d'inversion de la polarité de module Peltier en faisant inverser du sens de courant donc le coté chaud devient le coté froid et l'inverse pour l'autre côté froid.

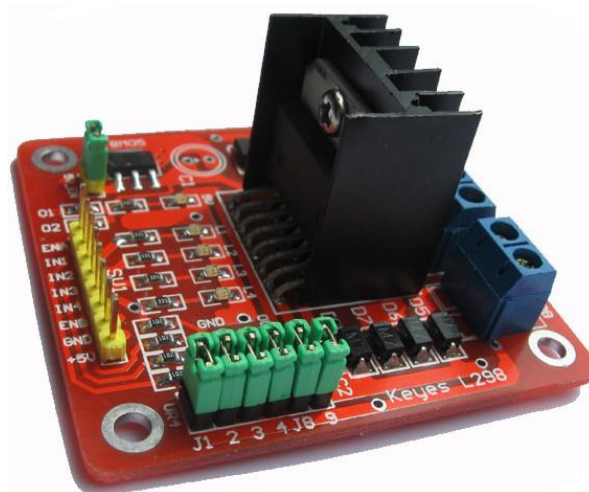


Fig. 4.1- Le module L298 du Pont en H

- Comparateur Hystérésis

Pour l'objet de réguler la vitesse de ventilateur, on a utilisé un comparateur Hystérésis au lieu d'un PID Controller car on n'a pas besoin d'une micro précision (comme l'hélicoptère par exemple), juste on a besoin d'une température qui oscille autour de la consigne, par exemple: si on a une $T_d = 24^\circ\text{C}$, on trouve que $23^\circ\text{C} < T_a < 25^\circ\text{C}$.

Avec l'hystérésis, le régime du ventilateur s'adapte à tout moment aux conditions requises par l'utilisateur.

On utilise l'hystérésis pour éviter que le ventilateur soit trop rapidement enclenché et éteint de manière intempestive.

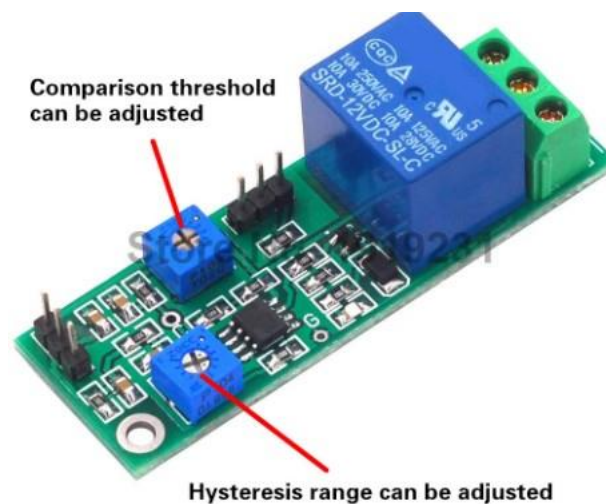


Fig. 4.2- le module Hystérésis

La plateforme ARDUINO UNO

Cette plateforme est suffisante pour notre projet, elle contient:

- 14 broches (numérotées de 0 à 13) qui peuvent être configurées en "entrées digitales" ou en "sorties digitales" individuellement, susceptibles de délivrer une intensité maximale de 40 mA sous une tension égale à 0V ou 5V.

Certaines de ces broches (~) peuvent être configurées en "sorties PWM" (modulation en largeur d'impulsion MLI) (pin3, pin5, pin6, pin9, pin10, pin11).

Elle possède également 6 entrées analogiques (notées A0 à A5) permettant de mesurer des tensions comprises entre 0V et 5V grâce à un convertisseur ADC à 10 bits.

Elle possède aussi un convertisseur USB-RS232TTL pour flasher le μ C et pour communiquer avec le terminal.

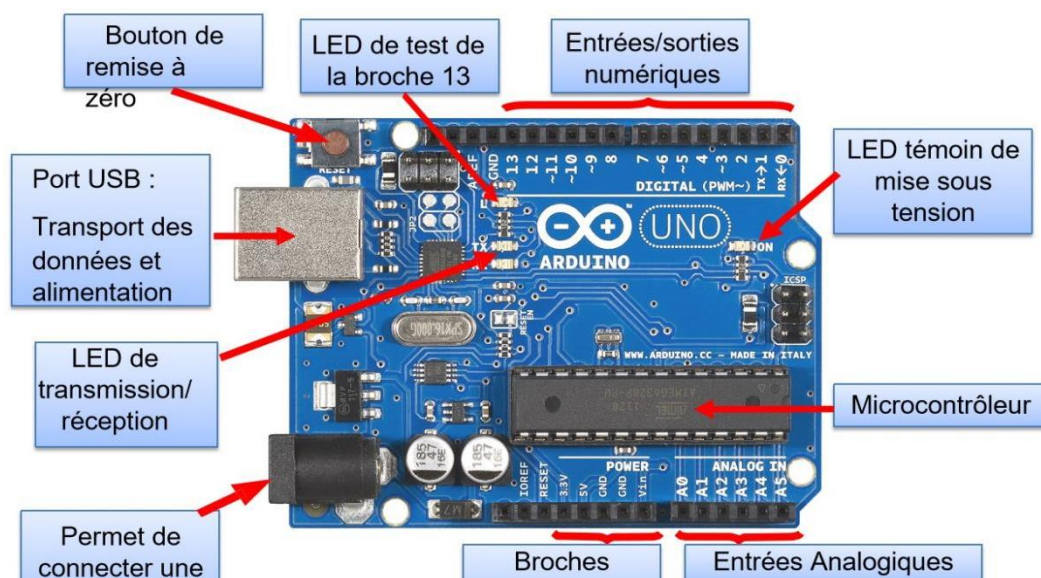


Fig. 4.3 - la fameuse AROUINO UNO

2- Simulation de la partie électronique

La simulation de la partie électronique a été effectuée à l'aide des deux logiciels principaux : Arduino IDE (écriture de programme et compilation) et Proteus ISIS 7 Professional (simulation du schéma électronique). Les figures suivantes montrent les schémas des circuits électroniques implémentés et testés sur Proteus

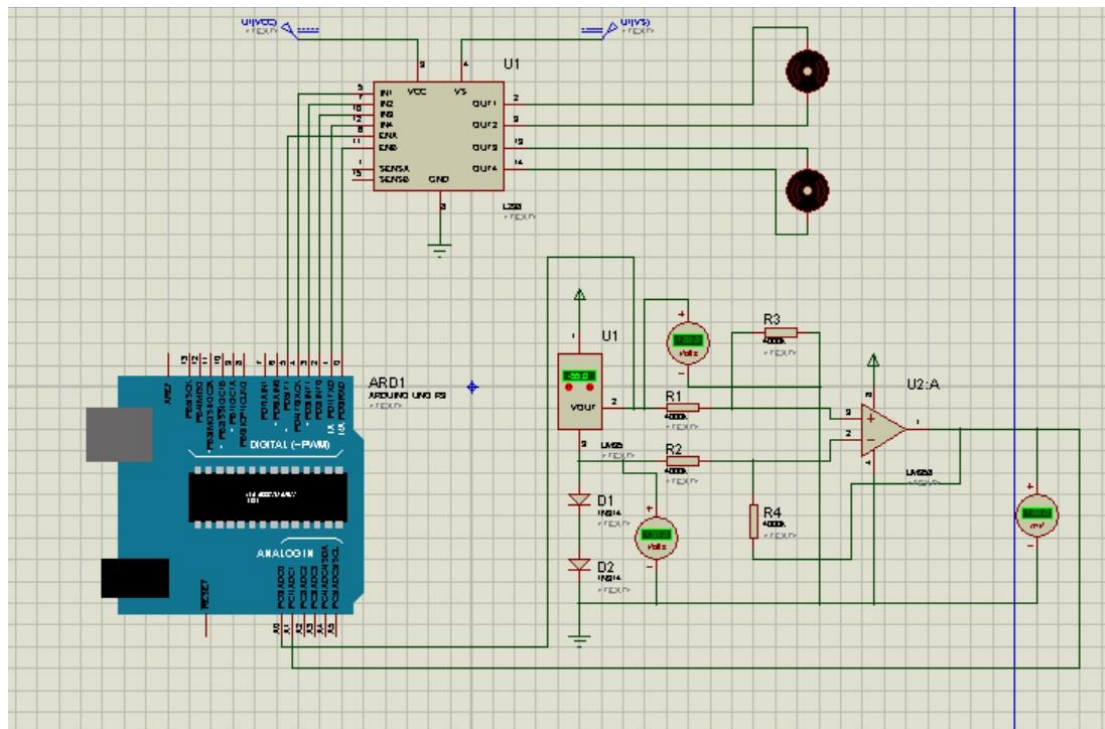


Fig. 3.6 - Schéma de simulation de la partie électronique

COM3	
26.4 C	
25.9 C	
26.4 C	
25.9 C	
26.4 C	
26.4 C	
26.4 C	
25.4 C	
26.4 C	
25.9 C	
25.9 C	
26.4 C	
26.4 C	
26.4 C	
25.9 C	

Autoscroll Mostrar marca temporal

Table.1 Résultat de la T° capté par LM35

Conclusion Générale

Dans ce projet, nous avons pu réaliser un mini climatiseur thermoélectrique portatif pour une seule personne. Pour ce faire, on a appliqué l'effet Peltier qui permet de réduire la température dans un espace assez réduit mais confortable pour une personne qui est sensible au climatiseur habituel. Ce mini climatiseur semble être une bonne solution.

Il est plus sécurisé (Il n'y a pas d'utilisation de gaz) ; par contre le climatiseur à cycle frigorifique reste toujours plus efficace.

Le climatiseur est un peu plus lourd que nous avons escompté, on doit améliorer ce projet au futur en considérant la légèreté du poids de l'appareil comme contrainte à satisfaire.

Références

- 1 - Jaworski, C. M., Yang, J., Mack, S., Awschalom, D. D., Heremans, J. P., & Myers, R. C. (2010). Observation of the spin-Seebeck effect in a ferromagnetic semiconductor [archive]. *Nature materials*, 9(11), 898-903.
 - 2 - Uchida, K., Takahashi, S., Harii, K., Ieda, J., Koshibae, W., Ando, K., & Saitoh, E. (2008). Observation of the spin Seebeck effect [archive]. *Nature*, 455(7214), 778-781
 - 3 - Uchida, K. I., Adachi, H., Ota, T., Nakayama, H., Maekawa, S., & Saitoh, E. (2010). Observation of longitudinal spin-Seebeck effect in magnetic insulators. *Applied Physics Letters*, 97(17), 172505
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_frigorifique
 - <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Effet%20Seebeck/fr-fr/>
 - <https://www.encyclopedie-energie.org/usage-et-production-de-froid/>
 - <https://www.ef4.be/fr/pompes-a-chaaleur/technique-generalites/cycle.html>
 - <https://www.abcclim.net/historique-froid-climatisation.html>
 - <https://www.nature.com/articles/nature07321>

Annexe

Appareils de mesure de température:

La mesure de température est avec un capteur de température de type LM35 et un thermocouple :

LM35

-on a choisi le LM35 pour la mesure de la température, car il est capable de mesurer la température de -55°C jusqu'à 150°C si on a utilisé le montage full-range (1°C pour chaque 10mV),

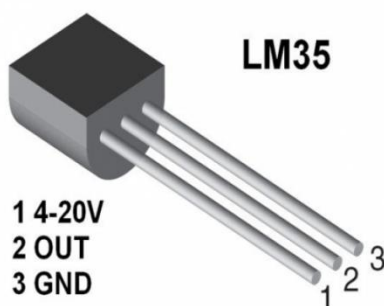


Fig. A.1 - Capteur de température LM35

Thermocouple à une sonde métallique

On a choisi ce type de capteur pour mesurer la température des ailettes de radiateur (la partie métallique) et l'autre partie branché à un thermomètre



Fig. A.2 - Thermocouple à une sonde métallique

Code du Programme de la partie Electronique (Arduino)

```
// programme de la partie Electronique
```

```
#define q 5
```

```
#define s 10
```

```
int Tnum, Tmv, C;
```

```
const int IN1 = 4;
```

```
const int IN2 = 3;
```

```
const int IN3 = 2;
```

```
const int IN4 = 1;
```

```
const int ENA = 5;
```

```
const int ENB = 0;
```

```
void setup() {
```

```
    Serial.begin(9600);
```

```
    pinMode (IN1, OUTPUT);
```

```
    pinMode (IN2, OUTPUT);
```

```
    pinMode (IN3, OUTPUT);
```

```
    pinMode (IN4, OUTPUT);
```

```
    pinMode (ENA, OUTPUT);
```

```
    pinMode (ENB, OUTPUT);
```

```
}
```

```
void loop() {  
    analogWrite(ENA, 255);  
    analogWrite(ENB, 255);  
  
    digitalWrite(IN1, HIGH);  
    digitalWrite(IN2, LOW);  
    digitalWrite(IN3, HIGH);  
    digitalWrite(IN4, LOW);  
  
    Tnum = analogRead(A0);  
    Tmv = Tnum*q;  
    C = Tmv/s;  
    Serial.print("C");  
    Serial.println(C);  
    delay(1000);  
}
```