

Élaboration d'une glacière thermoélectrique: application de l'effet Peltier.

La thermoélectricité étant très peu abordée en classe préparatoire, l'envie d'en connaître davantage m'a conduit à découvrir l'effet Peltier. Souhaitant étudier l'une des applications concrètes de cet effet Peltier, l'élaboration d'une glacière thermoélectrique m'a semblé être un bon objectif.

L'effet Peltier, exploité par des modules Peltier, est un déplacement de chaleur à travers des matériaux conducteurs en présence d'un courant électrique. Il y a ainsi des interactions entre les flux de chaleur, l'air et la matière. Les interfaces des modules Peltier jouent un rôle dans la diffusion de chaleur.

Positionnement thématique (phase 2)

PHYSIQUE (Physique de la Matière).

Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Thermoélectricité</i>	<i>Thermoelectricity</i>
<i>Effet Peltier</i>	<i>Peltier effect</i>
<i>Transfert thermique</i>	<i>Heat transfer</i>
<i>Glacière</i>	<i>Ice house</i>
<i>Rendement</i>	<i>Yield</i>

Bibliographie commentée

Sur le marché, nous rencontrons plusieurs procédés de réfrigération pour glacières. Parmi eux, les glacières par compression sont les plus performantes. Cependant, elles embarquent un fluide frigorigène et un compresseur, et ne peuvent donc pas être secouées dans tous les sens sous peine de fuites. Elles sont également coûteuses. Face à cela, il existe notamment les glacières thermoélectriques, bon marché et présentant des avantages malgré de moins bonnes performances. Dans ces glacières, aucun fluide n'est nécessaire pour assurer le refroidissement. Il s'agit d'un des systèmes les plus simples d'un point de vue fonctionnement [1].

En effet, elles fonctionnent grâce à l'effet Peltier qui est un phénomène physique de déplacement de chaleur en présence d'un courant électrique. Ce phénomène a été découvert par le physicien français Jean-Charles Peltier en 1834. Il a constaté que l'une des jonctions cuivre/bismuth s'échauffait et que l'autre se refroidissait quand il reliait les extrémités d'un fil de bismuth à un accumulateur par l'intermédiaire de deux fils de cuivre. Plus généralement, l'effet se produit dans des matériaux conducteurs de natures différentes liés par des jonctions. L'une des jonctions se refroidit alors légèrement, pendant que l'autre se réchauffe. Cette technologie est notamment embarquée dans des « modules Peltier » qui permettent un échauffement ou un refroidissement thermoélectrique, utilisé par exemple dans les glacières. Plus précisément, les modules Peltier sont

construits de façon à faire passer un courant électrique continu dans une succession de semi-conducteurs, reliés entre eux par des connections métalliques, ayant des propriétés du type n ou p pour lesquels les porteurs de charges sont respectivement des électrons et des trous [2][6]. Il se crée ainsi une différence de température entre les 2 faces du module. La face froide orientée à l'intérieur de la glacière permet son refroidissement. Notons que le phénomène inverse de l'effet Peltier existe, il s'agit de l'effet Seebeck qui correspond à l'apparition d'une tension produite par une différence de température entre les jonctions de plusieurs corps conducteurs [3].

Pour que le module Peltier fonctionne de façon optimale afin de refroidir un corps, il est nécessaire d'utiliser un dissipateur thermique proportionné à l'évacuation thermique du module Peltier tel qu'un radiateur (disposé du côté chaud du module) associé à un ventilateur. Cela permet d'augmenter l'efficacité du module [6].

D'ailleurs, pour exprimer l'efficacité (appelée aussi coefficient de performance) du module Peltier il faut modéliser les transferts thermiques en dissociant plusieurs contributions. Il faut considérer la chaleur brute pompée par effet Peltier (chaleur prélevée sur la face froide), l'effet de la conductivité thermique au travers des branches p et n sous l'effet du gradient de température créé, et la chaleur due à l'effet Joule qui va s'appliquer sur les deux faces du module et qui va augmenter avec l'alimentation de celui-ci. Tout cela permet d'évaluer la chaleur prélevée du côté froid du module et donc l'efficacité du module en faisant le rapport de cette chaleur et du travail fournie par la source de courant extérieur nécessaire à cette opération [4][7]. Cependant cette expression est souvent difficilement exploitable car elle fait intervenir des termes dépendant de la température, et donc les constructeurs fournissent des courbes permettant de connaître la différence de température en fonction de la chaleur prélevée et du courant appliqué [3].

L'effet Peltier peut être utilisé dans d'autres domaines que dans la fabrication de glacière. En effet on peut retrouver cette technologie pour refroidir les caméras et les systèmes électroniques embarqués dans l'aéronautique, l'astronomie ou le spatial.

L'industrie militaire, agroalimentaire ou chimique trouve également un grand nombre d'applications pratiques de cette technologie [5][7].

Problématique retenue

L'élaboration d'un prototype de glacière thermoélectrique, fonctionnant grâce à un module à effet Peltier, permet d'étudier précisément ses caractéristiques vis-à-vis d'objets à refroidir.

La mise en évidence des facteurs essentiels de pertes énergétiques et de l'impact du refroidissement est nécessaire à l'obtention d'un meilleur rendement de la glacière.

Objectifs du TIPE

Je me propose :

- d'étudier les caractéristiques d'un module à effet Peltier en fonction des données constructeur.

- de fabriquer un prototype de glacière thermoélectrique fonctionnant, entre autres, avec ce module à effet Peltier.
- d'évaluer les performances de la glacière vis-à-vis d'un corps que l'on souhaite garder à basse température et son efficacité (coefficient de performance).
- de chercher à optimiser la glacière en mettant en œuvre ce qui pourrait limiter les coûts énergétiques en agissant sur le refroidissement.

Abstract

The Peltier effect is a thermoelectric phenomenon consisting of a move of heat in the presence of an electric current.

The theoretical and experimental study of a Peltier module allowed me to highlight the importance of a heat sink such as a radiator and a fan.

I made a prototype of a thermoelectric cooler thanks to the Peltier effect. I have prepared several experiences to calculate the performance of my cooler and make an assessment of the thermal exchanges of my prototype.

Références bibliographiques (phase 2)

- [1] *Les différents procédés de réfrigération:* <http://www.neb.fr/refrigeration.htm>
- [2] ANDRÉ DOMPS : Bulletin de l'Union des Physiciens, Etude d'un thermoélément à effet Peltier : Février 2012, page 217
- [3] *Refroidissement thermoélectrique:*
https://fr.wikipedia.org/wiki/Refroidissement_thermo%C3%A9lectrique
- [4] BERTRAND LENOIR, JEAN-PIERRE MICHENAUD, ANNE DAUSER : Techniques de l'ingénieur, Thermoélectricité : des principes aux applications : Mai 2010, référence: K730 v2
- [5] *Refroidissement par effet Peltier:* <https://www.abcclim.net/effet-thermoelectrique-peltier.html>
- [6] *Les technologies de refroidissement:* http://www.labcluster.com/news4_1/White-Paper_Peltiertechnik.pdf
- [7] *Thermoélectricité: généralités, applications et conception des générateurs thermoélectriques :*
<http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/video-html5/udppc-2015/champier/presentation-thermoelectricite-champier.pdf>

DOT

- [1] *Etude théorique, à la mi-octobre, de la thermoélectricité et plus précisément du refroidissement par effet Peltier.*
- [2] *Etude d'un module thermoélectrique par différentes expériences, montrant la nécessité d'un dissipateur thermique proportionné à l'évacuation thermique du module Peltier.*
- [3] *Début janvier, fabrication d'une chambre calorifugée dans l'objectif de réaliser un prototype de glacière thermoélectrique.*
- [4] *Echec de la tentative de refroidissement de mon enceinte à l'aide du module Peltier, du moins pas avant un très long moment.*
- [5] *Réussite de refroidissement de l'enceinte à l'aide du module en ajoutant un ventilateur*

intérieur.

[6] *Elaboration et réalisation, d'expériences permettant de réaliser un bilan des échanges thermiques de mon enceinte puis de mon prototype de glacière thermoélectrique.*

[7] *Mise en œuvre, en mars, d'expériences permettant de déterminer le rendement de ma glacière.*