

LES EFFETS THERMOELECTRIQUES : Estimation de l'influence de l'Effet Thomson.

Passionné par le domaine culinaire, j'ai toujours remarqué un dégagement important de chaleur perdue dans la cuisine. J'ai pensé alors à équiper des cuisinières, des chauffe-eaux ou des lampes de thermogénérateurs, servant ensuite à alimenter de façon autonome de petits équipements électriques. Ceci m'a amené à étudier les effets thermoélectriques.

Dans le contexte actuel des besoins en nouvelles sources d'énergie non polluantes, les effets thermoélectriques peuvent jouer un rôle important dans reproduction d'une énergie utile à partir d'une source d'énergie perdue, avec aucune soumission aux mouvements mécaniques. Mon TIPE s'inscrit alors parfaitement dans le thème proposé "Les enjeux sociétaux"

Positionnement thématique (ETAPE 1)

PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Thermoélectricité</i>	<i>Thermoelectricity</i>
<i>Effet Thomson</i>	<i>Thomson effect</i>
<i>Gradient de température</i>	<i>Thermal gradient</i>
<i>Transfert thermique</i>	<i>Thermal transfer</i>
<i>Densité volumique de courant</i>	<i>Current volume density</i>

Bibliographie commentée

Quand on parle de la thermoélectricité, des effets ou phénomènes thermoélectriques s'imposent : effets Seebeck, Peltier et Thomson. Ils sont trois manifestations des phénomènes de conversion d'énergie par effet thermoélectrique. Ces derniers ont été découverts au début du XIXème siècle mais la première constatation d'un effet thermoélectrique semble avoir été observée lors d'une expérience, menée en 1794 par Alessandro Volta (1745-1827), puis l'allemand Thomas Johann Seebeck fut le premier à observer le phénomène de la conversion thermoélectrique [1]. L'effet observé est d'origine électrique : une différence de potentiel apparaît à la jonction de deux matériaux de natures différentes soumis à un gradient thermique [2]. Quelques années plus tard, en 1834, le physicien français Jean Peltier découvrit le second effet thermoélectrique : une différence de température apparaît aux jonctions de deux matériaux de natures différentes soumis à un courant électrique [3] . Le physicien anglais William Thomson (Lord Kelvin) montra en 1851 que les effets Seebeck et Peltier sont liés : un matériau soumis à un gradient thermique et parcouru par un courant électrique échange de la chaleur avec le milieu extérieur. Réciproquement, un courant électrique est généré par un matériau soumis à un gradient thermique et parcouru par un flux de chaleur [4].

Pour mener notre étude sur les effets thermoélectriques, nous allons nous intéresser à la réponse de

la température dans le cuivre suivant l'influence de l'effet Thomson. Il est donc nécessaire de définir des lois et des grandeurs fondamentales, notamment des principes de la thermodynamique, des lois phénoménologiques comme la loi de Fourier, la loi d'Ohm, le coefficient de Thomson, la conductivité thermique et la conductivité électrique.

Par la suite, il faudra expliciter le côté théorique du sujet. L'effet Thomson peut exister pour un seul matériau et ne nécessite pas la présence d'une jonction. Le coefficient de Thomson est généralement considéré comme la quantité de chaleur générée par Ampère et par degré d'écart de température entre deux points du conducteur. Alors que l'effet Joule est toujours positif (expression quadratique du courant traduisant un échauffement), la contribution liée à l'effet Thomson peut être négative (le coefficient de Thomson peut être positif ou négatif). Sa positivité traduirait un dégagement de chaleur lorsque le courant électrique circulerait dans le sens de l'augmentation de la température [4].

Nous allons donc effectuer un bilan énergétique sur une barre conductrice de cuivre parcourue par un courant d'intensité en imposant des températures différentes aux extrémités [5]

Dans un premier temps, nous n'allons pas prendre en compte le terme dû à la contribution de l'effet Thomson. Le bilan énergétique donne alors une équation différentielle vérifiée par la température, dont la solution dans le régime stationnaire est une fonction en la position (la longueur d'un point sur la barre). Ensuite, nous allons ajouter un terme mettant en exergue l'effet Thomson en se plaçant toujours dans les mêmes conditions. Ceci va donner une autre équation différentielle que nous allons comparer sa solution en régime permanent avec la solution précédente. L'analyse comparative est mise en évidence grâce à un programme informatique écrit sous langage Python qui permet de tracer les courbes correspondantes.

Par la suite, l'étude expérimentale va conclure, elle aussi, à quel point l'effet Thomson peut être négligé.

Problématique retenue

Dans le but d'évaluer la contribution de l'effet Thomson dans le transfert thermique, je vais suivre l'évolution de la température en fonction de la position dans une barre conductrice de cuivre.

Objectifs du TIPE

Pour répondre à cette problématique, je vais d'abord introduire les effets thermoélectriques.

Ensuite, je vais modéliser le problème pour mener l'étude théorique dans l'intention d'obtenir l'expression de la température.

Puis, je chercherai à modéliser l'évolution de la température à l'aide du langage Python.

Enfin, je vais comparer les résultats obtenus et commenter.

Références bibliographiques (ETAPE 1)

[1] CÉDRIC BOURGÉS : Synthèses, analyses structurales et propriétés thermoélectriques de matériaux sulfures : 2017, pp 11-21

[2] Définition et Explications : <https://www.techno-science.net/definition/3446.html>

[3] Thermoélectricité : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/thermoelectricite/2-definition-des-effets-thermoelectriques/>

- [4] YANN APERTET : Réflexions sur l'optimisation thermodynamique des générateurs thermoélectriques : 2013, pp 1-15
- [5] CONCOURS CENTRALE-SUPÉLEC MP : Couplage des phénomènes de conduction thermique et électrique en régime linéaire. Étude d'un réfrigérateur à effet Peltier : 2005, PHYSIQUE-CHIMIE Filière MP

DOT

- [1] Mise en contact, lors d'un webinaire pendant l'été 2020, avec un ingénieur des énergies identifiant la thermoélectricité.
- [2] Fin Septembre - Octobre 2020 : Effectuation de nombreuses recherches dans le but d'obtenir un vocabulaire et une connaissance suffisante sur la discipline de la physique thermoélectrique.
- [3] Novembre - Décembre 2020 : Première idée d'expérimentation : jouer sur les différents paramètres qui constituent le facteur de mérite adimensionnel (entrant dans l'expression du rendement) afin de l'optimiser. Problèmes : les paramètres sont interdépendants : l'augmentation de l'un fait diminuer l'autre. Ceci a entraîné une réorientation du sujet TIPE.
- [4] Janvier - Février 2021 : Mise à niveau sur la thermodynamique (transfert thermique). Etude théorique de l'effet thomson.
- [5] Mars 2021 : Résolution des équations différentielles à l'aide de la méthode d'euler programmée sous langage Python.
- [6] Mi-mai 2021 : Formation et achats du matériel non disponible au lycée. Réalisation et observation expérimentales, au laboratoire du centre, pour estimer l'influence de l'effet thomson.