A black and white logo

Description automatically generated

Cégep André-Laurendeau  
Département de technologie du génie physique

Laboratoire de Synthèse : Plaque Peltier et transmission thermique.

Par   
Félix St-Gelais  
Groupe 01

Travail présenté à  
M Yanick Heynemand

Dans le cadre du cours:  
244-375-AL  
20/12/2024

Table des matières

[INTRODUCTION 3](#_Toc183119662)

[DATE DES MANIPULATIONS 3](#_Toc183119663)

[RÉSUMÉ DU MANDAT 3](#_Toc183119664)

[RÉSUMÉ DES MANIPULATIONS 3](#_Toc183119665)

[Préparation 3](#_Toc183119666)

[Montage 3](#_Toc183119667)

[Programmation 3](#_Toc183119668)

[Mesure 3](#_Toc183119669)

[Analyse 3](#_Toc183119670)

[DÉVELOPPEMENT 4](#_Toc183119671)

[ÉCHÉANCIER / CALENDRIER DES DÉVELOPPEMENTS DU PROJET 4](#_Toc183119672)

[MATÉRIEL REQUIS 4](#_Toc183119673)

[SCHÉMA-BLOC DE LA SOLUTION 5](#_Toc183119674)

[STRATÉGIES DU DÉVELOPPEMENT 5](#_Toc183119675)

[Préparation 5](#_Toc183119676)

[Montage 5](#_Toc183119677)

[Programmation 5](#_Toc183119678)

[Mesure 6](#_Toc183119679)

[RÉSULTATS ET CONCLUSION 7](#_Toc183119680)

[RÉSULTATS 7](#_Toc183119681)

[CONCLUSION 7](#_Toc183119682)

[ANNEXES 8](#_Toc183119683)

[Tableau des figures 8](#_Toc183119684)

[Bibliographie 9](#_Toc183119685)

# Préambule

Date des manipulations :

12 novembre : début du projet. ABSENCE

15 novembre : montage du module de la plaque Peltier

19 novembre : montage des thermistances

22 novembre : montage du régulateur de tension

26 novembre : montage du commutateur principal

29 novembre : montage de l’INA, du ADS1115 et du bornier

3 décembre : montage du MCP, des ampli-opes, et du DS18B20

6 décembre : montage des ventilateurs et optimisation des câbles

9 décembre : programmation

10 décembre : test et résolution de problèmes. Ajustement de la R.Sense.

13 décembre : test et résolution de problèmes. Résolution d’un court-circuit pour les ventilateurs

17 décembre : test et résolution de problèmes. Résolution du problème d’affichage des données.

## Rappel des objectifs du laboratoire :

* Réaliser un circuit de test de la cellule Peltier
  + Effectuer un montage propre.
  + Inclure tous les capteurs nécessaires pour mesurer la température ambiante ainsi que les deux côtés de la cellule ainsi que leurs circuits de conditionnements, au besoin.
  + Réaliser le circuit de contrôle des ventilateurs.
  + Réaliser le circuit de la boucle de rétroaction.
  + Réaliser le circuit du commutateur principal.
  + Réaliser le circuit de contrôle de la consigne de courant.
  + Aller chercher et s’assurer de respecter les fiches du manufacturier pour toutes les composantes électroniques.
* Effectuer la programmation du microcontrôleur
  + Implémenter un protocole de communication en série donné.
  + Implémenter le contrôle du commutateur principal, des ventilateurs et de la consigne de courant.
  + Implémenter la lecture des capteurs à une intervalle définie.
  + Documenter le code.
* Étudier l’efficacité d’une plaque Peltier à déplacer de la chaleur.
  + Prendre des mesures avec différentes configurations du système.
  + Mesurer les températures froides maximales que l’on peut atteindre avec notre système, avec le ventilateur froid allumé ou pas.
  + Réaliser un graphique de la relation entre la température atteinte du coté froid sur la puissance dissipée dans le circuit de la cellule Peltier.

## Informations de la plaque Peltier utilisée :

La plaque Peltier utilisée dans ce laboratoire est la TEC1-12706. Elle coute 4.95$USD ici : <https://protosupplies.com/product/tec1-12706-thermoelectric-peltier-cooling-device/>

Voici ses spécifications d’après la fiche du manufacturier trouvée sur le même site :

A white rectangular sign with black text

Description automatically generated

# Développement

## Présentation et explication du schéma-bloc :

Le schéma-bloc présenté ci-contre est une version réinterprétée pour m’assurer de ma compréhension du schéma, mais il reste en grande partie pareil au schéma présenté en cours. Il a été fait avec l’application en ligne Excalidraw.

A diagram of a computer

Description automatically generatedLe fonctionnement est le suivant :

* Le PSU délivre le courant au coupe circuit sur lequel les ventilateurs, le régulateur de tension et la boucle de rétroaction de la cellule Peltier sont branchés.
* L’esp32 communique avec le LabVIEW par port série et s’occupe de la lecture des capteurs de température.
* L’esp32 est aussi responsable de la lecture du courant à l’aide de l’INA et du contrôle de la consigne du courant traversant dans la plaque Peltier à partir du DAC (un MCP)
* La boucle de rétroaction fonctionne comme suit : lorsque le DAC reçoit une nouvelle consigne de courant, il ajuste sa sortie analogique à un certain pourcentage de son maximum. Ce signal à atteindre est passé dans un amplificateur suiveur pour isoler ce circuit tout en conservant la consigne. Il est ensuite comparé avec la tension actuelle sur la résistance R.Sense ce qui vas ajuster la consigne du XL4015, un convertisseur de tension, pour délivrer plus ou moins de courant dans la plaque Peltier. Le nouvel état du circuit peut être inspecté par l’esp32 à l’aide de l’INA.

## Détails de la cellule Peltier utilisée (modèle et explications) :

Comme mentionné plus haut, La plaque Peltier utilisée dans ce laboratoire est la TEC1-12706.

Nous utilisons ce modèle de plaque parce qu’elle supporte les valeurs de courant que nous sommes prêts à lui imposer.

Le principe de la cellule Peltier c’est de prendre avantage de l’effet thermoélectrique. En simple, l’effet thermoélectrique est la conversion d’un voltage en différence de température et vice-versa. Avec une plaque Peltier et un voltage suffisant, il est possible d’obtenir des températures extrêmement basses d’un coté de la plaque et extrêmement chaudes de l’autre côté. Malheureusement, la conversion n’est pas parfaitement linéaire, et c’est ce que nous cherchons à caractériser dans ce laboratoire.

## Schématique du module XL4015 :

Utilisation typique d’après la fiche du manufacturier (fichier en pièce jointe)

A diagram of a device

Description automatically generated

## Résultat de la validation de toutes les commandes (validé) :

A screen shot of a computer

Description automatically generatedLe professeur n’a pas transmis la liste des commandes qu’il a validé, mais lors de sa correction une fonction ne marchant pas et a depuis été rétablie et est fonctionnelle. La preuve étant dans la photo ci-jointe qui représente un historique de communication en série avec la plaque Peltier lors du test des acquisitions de températures les plus froides possibles. La commande en question est celle de l’envoi de la consigne de commande au MCP, désignée par le charactère « S » dans le protocole de communication. Les commandes « L » et « I » ont aussi maintenant un fonctionnement plus visible, même si elles fonctionnaient déjà avant.

## Courbe de la relation de transfert (température froide VS puissance dans la cellule Peltier) :

## Explication de votre programme (algorithme) :

A computer screen shot of a program

Description automatically generatedL’algorithme de haut niveau est simple. Il est résumé par les fonctions setup et loop de mon programme :

* Dans le setup, on initialise les composantes et la communication en série.
* Dans le loop :
  + On vérifie si on a une commande à effectuer sur le port série.
  + On exécute la commande si elle existe.
  + On actualise toutes les valeurs de senseurs à la fin d’une période donnée.

Dans les détails, l’algorithme reste simple mais utilise des concepts plus avancés de programmation dont les détails sont dans la documentation du code. Les grandes lignes importantes sont que :

* L’entièreté de l’état de l’application est partagée via un pointeur; la variable `ctx`. Ceci est important parce qu’il permet de mieux organiser les données reliées à l’aide de sous-structures et permet de faire de l’injection de dépendance, rendant le code plus modulaire.
* Les commandes sont stockées sous forme de pointeur de fonction dans un tableau. Cette méthode permet de garder cote à cote le code alphabétique de la commande, la fonction qu’elle exécutera ainsi que son message d’aide côte à côte ce qui simplifie l’ajout de nouvelles commandes.
* Les pins d’output et les thermistances ont leurs valeurs enrobées dans des classes avec des fonctions utilitaires associées. Dans le cas des pins, ceci est utile parce que les classes sont conscientes de l’état actuel du pin physique, ce qui évite de polluer l’espace global avec des variables sensibles.

## Fournir une photo du montage (vue de haut), claire et précise :

Photo manquante ☹

# Conclusion

## Résumé expliquant le fonctionnement du montage :

Le montage fonctionne en appliquant un voltage variable sur la plaque Peltier, contrôlé par le microcontrôleur ESP32. La température du montage est régulée par les ventilateurs sur le module de la plaque. L’esp32 a aussi la tache de récolter régulièrement des données et les rapporter sur le port série.

### Justification de l’emploi d’un dissipateur sur le transistor IRF9540 :

La jonction est donc extrêmement chaude et devrait avoir un dissipateur.

## Résumé expliquant les manipulations du laboratoire :

Dans ce laboratoire nous avons réalisé un montage de test de la cellule Peltier, nous avons effectué la programmation d’un microcontrôleur de manière à pouvoir manipuler le montage à partir du port série et nous avons étudié l’efficacité d’une plaque Peltier à déplacer de la chaleur en prenant des mesures avec différentes configurations du système, réalisant un graphique de la relation entre la température atteinte du coté froid sur la puissance dissipée dans le circuit de la cellule et mesuré les températures minimales qu’on peut atteindre avec notre système (4.44C sans ventilateur, 10.66C avec ventilateur.)

## Comment croyez-vous avoir atteint les objectifs de ce laboratoire?

Oui, et au-delà! Non seulement j’ai rempli les objectifs principaux du laboratoire en faisant fonctionner ma cellule et en récoltant les données demandées, mais j’ai aussi pu pousser mes connaissances du développement Arduino en écrivant mon propre code et en le poussant autant que je peux. De plus, j’ai été très actif tout le long, à la fois sur mon propre montage et à aider les autres à réaliser le leur, donc j’ai pu avoir beaucoup d’exposition avec toutes les parties du laboratoire.

## Ce que vous avez appris ou découvert :

J’ai découvert qu’en Arduino, si on ne retourne pas d’une fonction derrière un pointeur, on corrompt le heap… Plus sérieusement j’ai appris à calculer la dissipation de chaleur d’un composant et quand lui appliquer un dissipateur de chaleur, j’ai appris à réguler le courant dans un circuit externe à l’aide du XL5015, j’ai appris à implémenter un protocole complet de communication en série. Vraiment, ce projet est celui dans lequel j’ai le plus appris dans mon parcours de TGP jusqu’à maintenant. Si je pouvais améliorer le laboratoire cependant, je rallongerais les fils des composantes, j’organiserait le montage en ilots de plaques perforées (breadboards) facilement isolables et faciles à comprendre en petit morceaux. Aussi, en guise de bonus, je demanderais aux étudiants d’automatiser la prise de mesure dans une routine qui génère un bilan.

Merci du cours et bonnes vacances Yanick!!