

Soutenance de fin de projet - Minuto

Mission technique de l'ingénieur

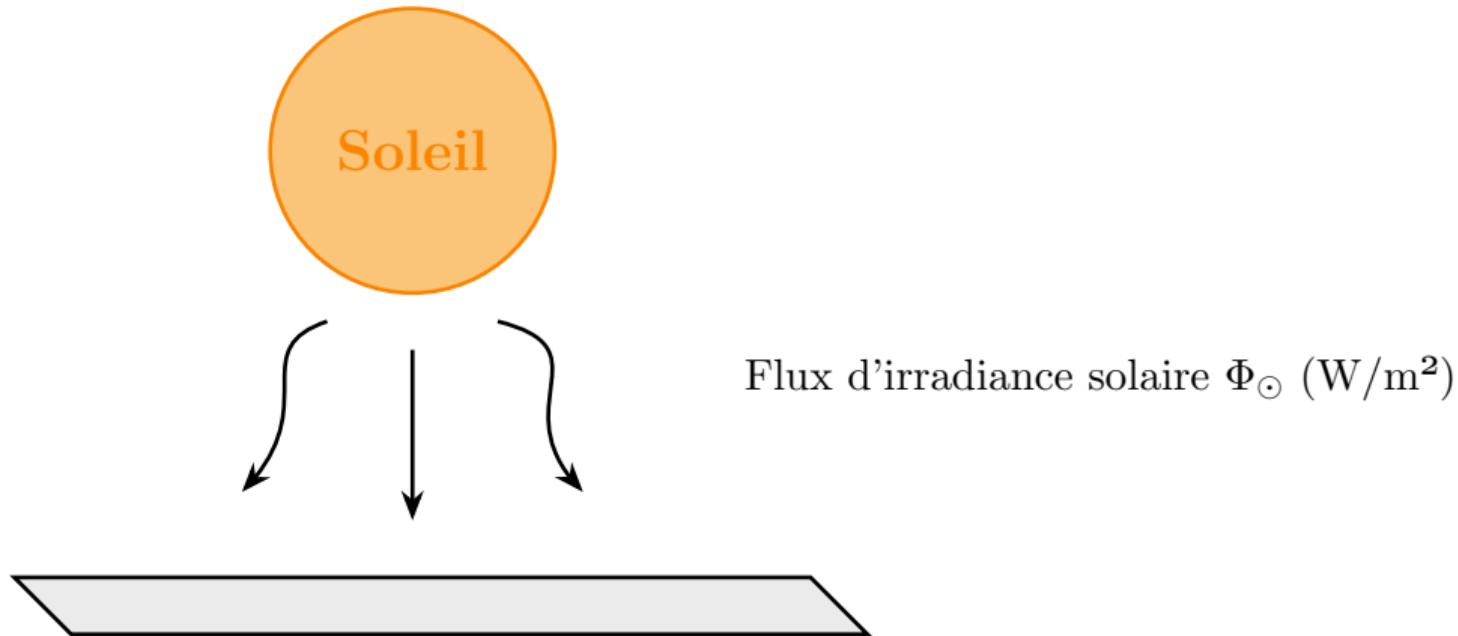
Groupe B11
IMT Atlantique - FISE A1

January 10, 2025



Sommaire

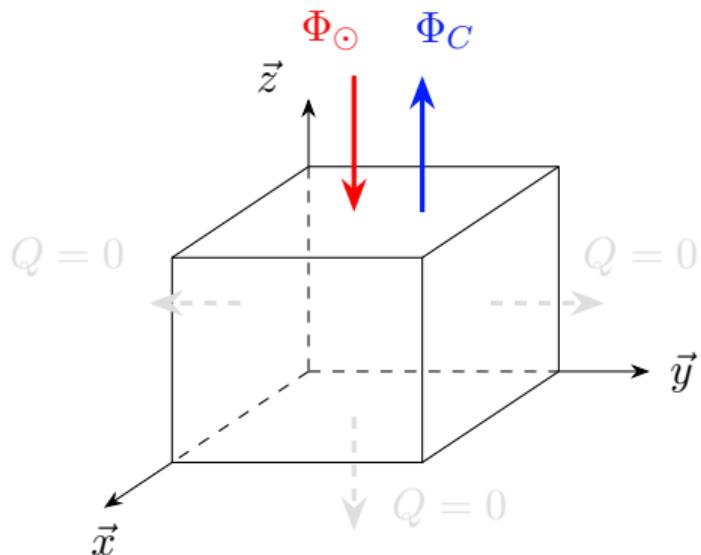
- 1. Présentation du projet**
- 2. Chaîne de mesure et étalonnage**
- 3. Mesure des constantes**
- 4. PCB et intégration mécanique**
- 5. Présentation des résultats**
- 6. Organisation du projet**



⇒ Comment mesurer cette irradiance solaire précisément ?

Lien entre ΔT et Φ_{\odot}

On peut quantifier les phénomènes diffusifs dans le bloc de laiton



$$\tau_{diff} = \frac{L^2}{D} = \frac{5^2}{28} \approx 1s$$

Donc $\tau_{diff} \ll \tau_{mes} = 30s$

Élevation de température quantifiée par :

$$Q = m \cdot c_T \cdot \Delta T \quad \Rightarrow \quad \boxed{\Phi_{\odot} = \frac{m \cdot c_T \cdot \Delta T}{S \cdot \Delta t}}$$

$$\Phi_C = h_{cc} \cdot (T_{bloc} - T_{air}) \approx 100W/m^2 \approx \Phi_{\odot}$$

Le problème revient donc à mesurer une **température au cours du temps**

FIGURE 1: Bilan des échanges dans le bloc

Chaîne de mesure

On peut alors formuler une première proposition de chaînage de fonction, comme suit

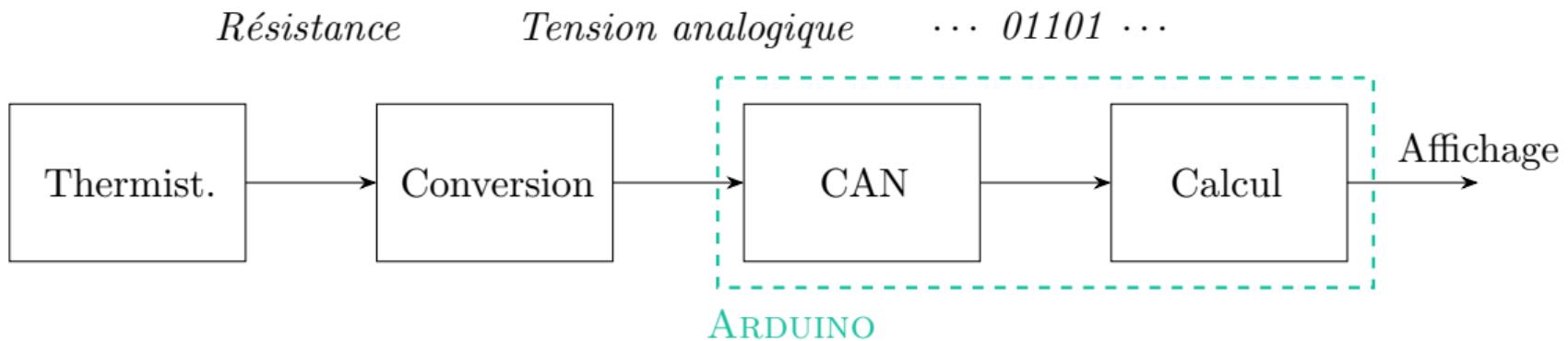
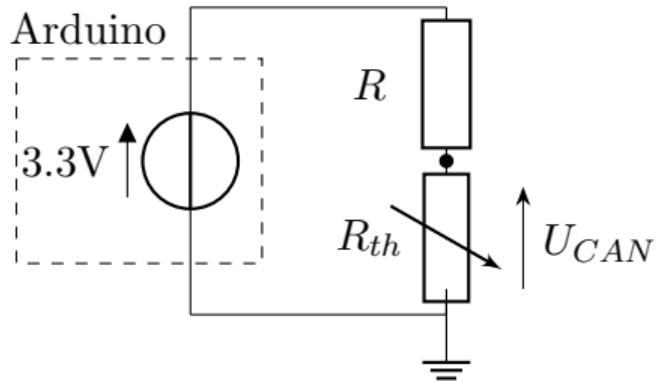


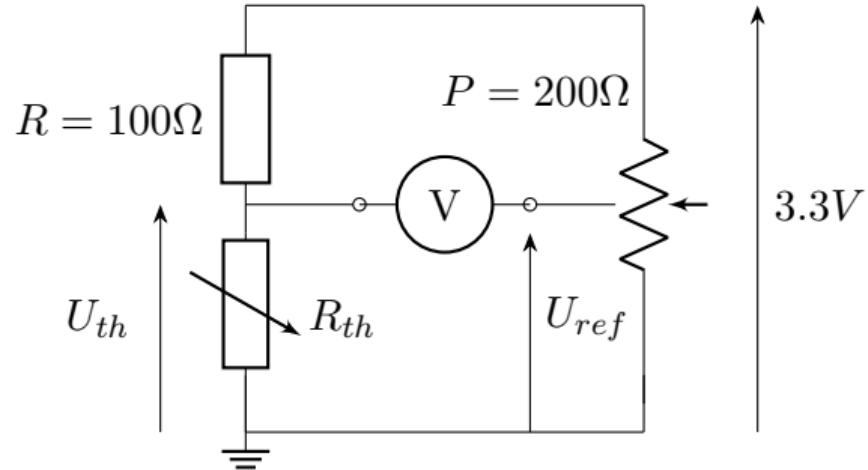
FIGURE 2: Chaîne de mesure choisie

Il s'agit à présent de déterminer les fonctions "Conversion" et "CAN"

Capteurs et chaîne analogique

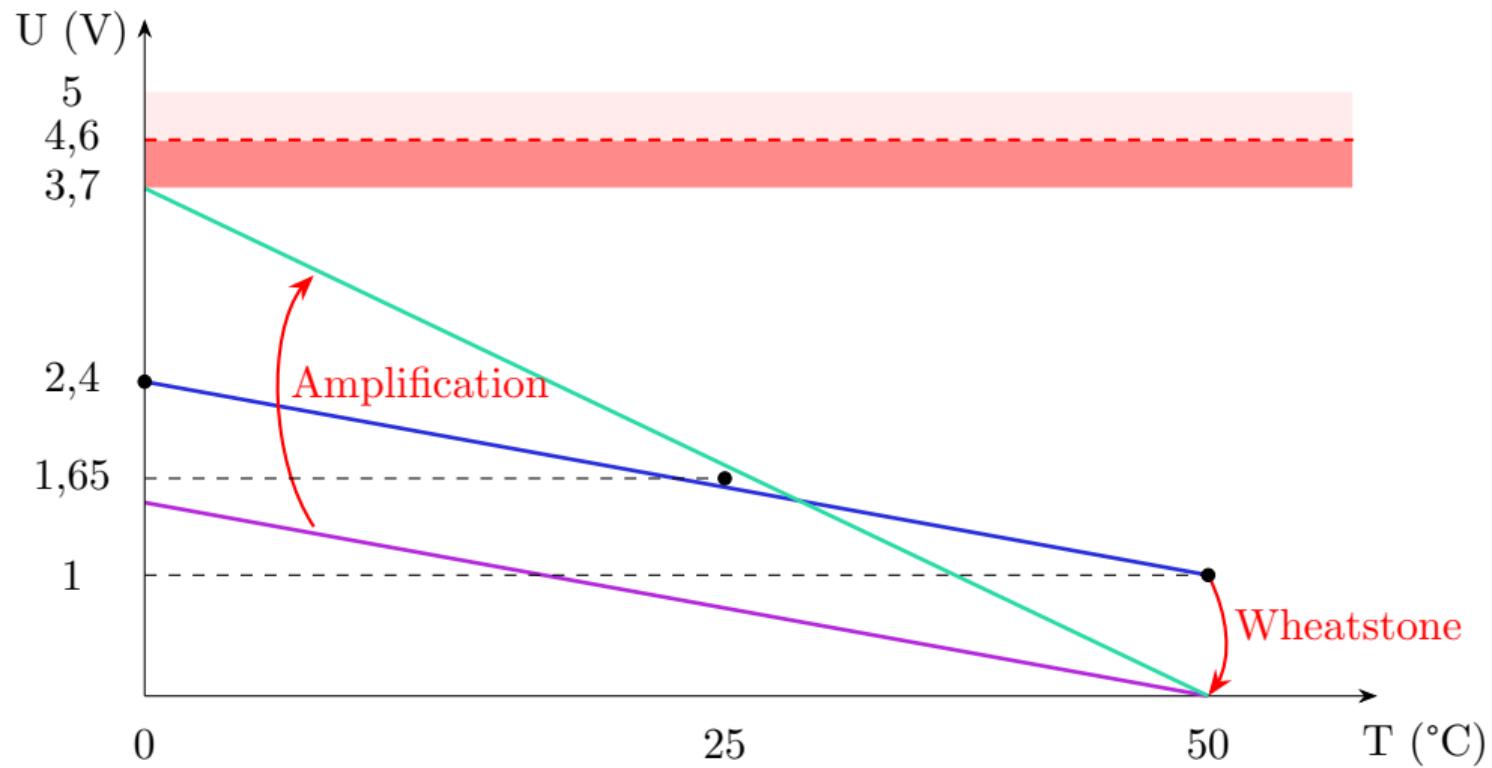


(a) Schéma électrique du diviseur de tension



(b) Schéma électrique du pont de Wheatstone

Mais les valeurs de tension U_{th} en sortie du diviseur de tension varient entre 1V($50^{\circ}C$) et 2,4V($0^{\circ}C$) → **pont de Wheatstone amplifié**



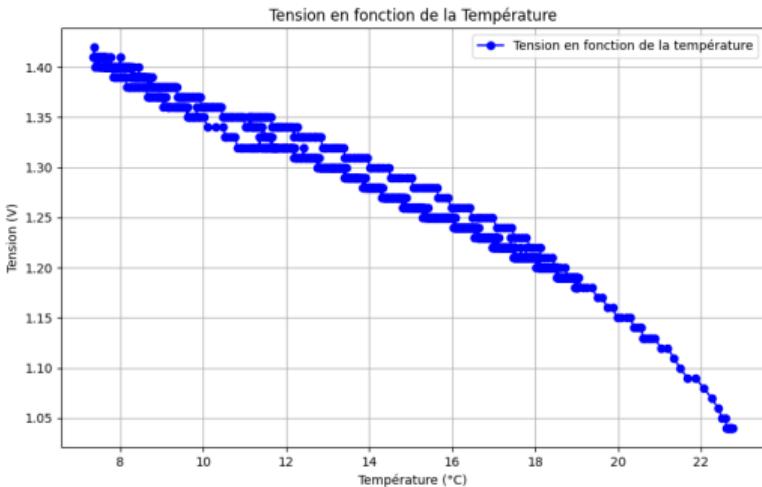


FIGURE 4: Courbe obtenue avec diviseur de tension

A partir de cet étalonnage, on récupère $T = -8,58U_{th} + 39,9$

Mais il reste des problèmes de fiabilité : montage **fixe** et **faux contacts**

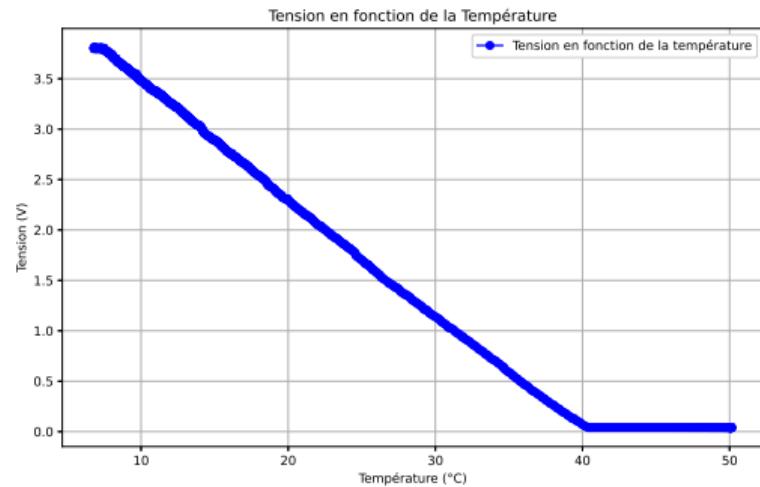


FIGURE 5: Courbe obtenue avec pont de Wheatstone

Mesure des constantes

- Masse m avec balance

$$\delta m = \pm 1g \quad \rightarrow \quad m = 662 \pm 1g$$

- Surface S avec pied à coulisse

$$\frac{\delta S}{S} = \sqrt{\left(\frac{\delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\delta \ell}{\ell}\right)^2} = \sqrt{0,0002} \approx 0,014$$

$$\rightarrow \quad S = 25.00 \pm 0,35 \text{ cm}^2$$

- Capacité thermique massique c_T

$$c_T = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} = \frac{P_{elec} \cdot \Delta t}{m \cdot \Delta T} = 423 \pm 8,46 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$$

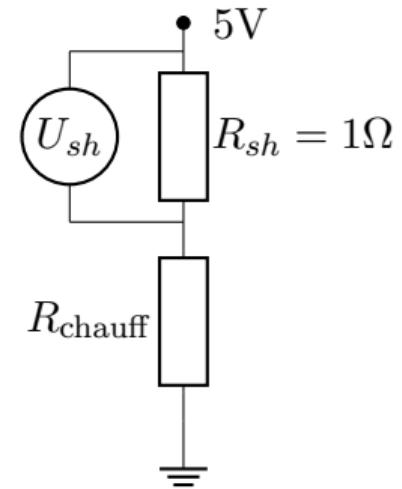


FIGURE 6: Montage pour la détermination du c_T

Intégration mécanique

Rectification des problèmes : montage **nomade**



(a) Modélisation 3D *Fusion 360*



(b) Rendu final du boîtier **Solar'imt**

Commandes et fonctionnement

Deux fonctionnements possibles :

1. Mode **nomade** : boîtier branché en USB-C à un powerpack :

- ▷ **Res:12** : résolution en cours
- ▷ **Waiting** : 30s de battement pour saisie de commande
- ▷ **Erasing** : effacement EEPROM
- ▷ **Measure** : attente avant la première mesure

2. Mode **connecté** : boîtier connecté sur un ordinateur, dans un IDE, si **Enter** a été tapé :

- ▷ **Stop** : arrêter la mesure
- ▷ **Start** : démarrer une nouvelle mesure, mémoire effacée
- ▷ **List** : afficher la liste des données stockée dans l'EEPROM
- ▷ **Res xx** : définit **xx** comme résolution
- ▷ **Debug** : affiche toutes les mesures y compris celles en "cooling"

PCB

Rectification des problèmes : **faux contacts** du montage en pont de Wheatstone

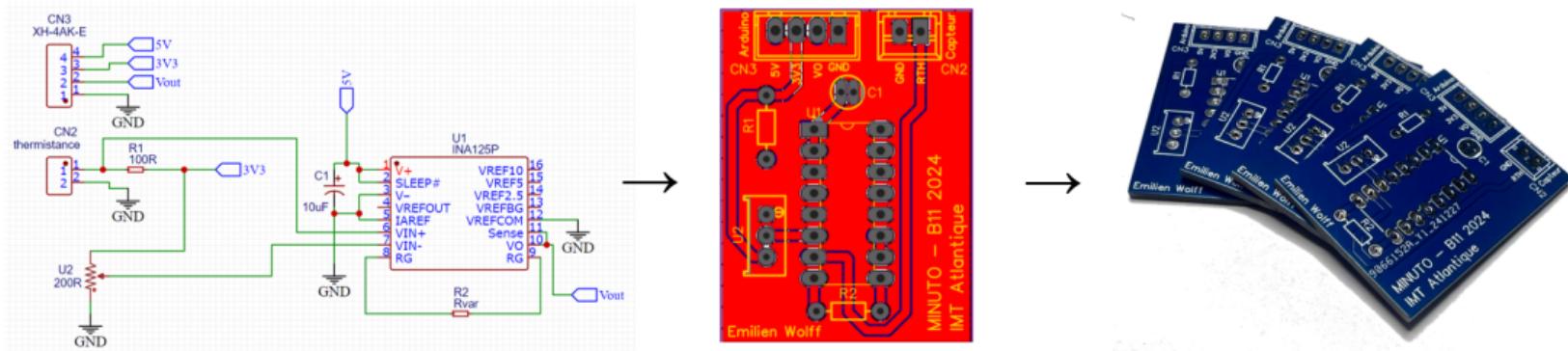


FIGURE 8: Étapes de conception puis fabrication du PCB (schéma, routage puis fabrication de la carte)

PCB

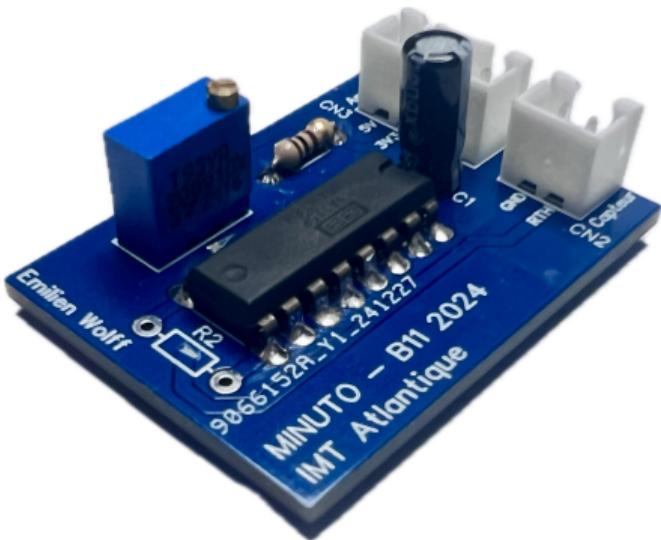
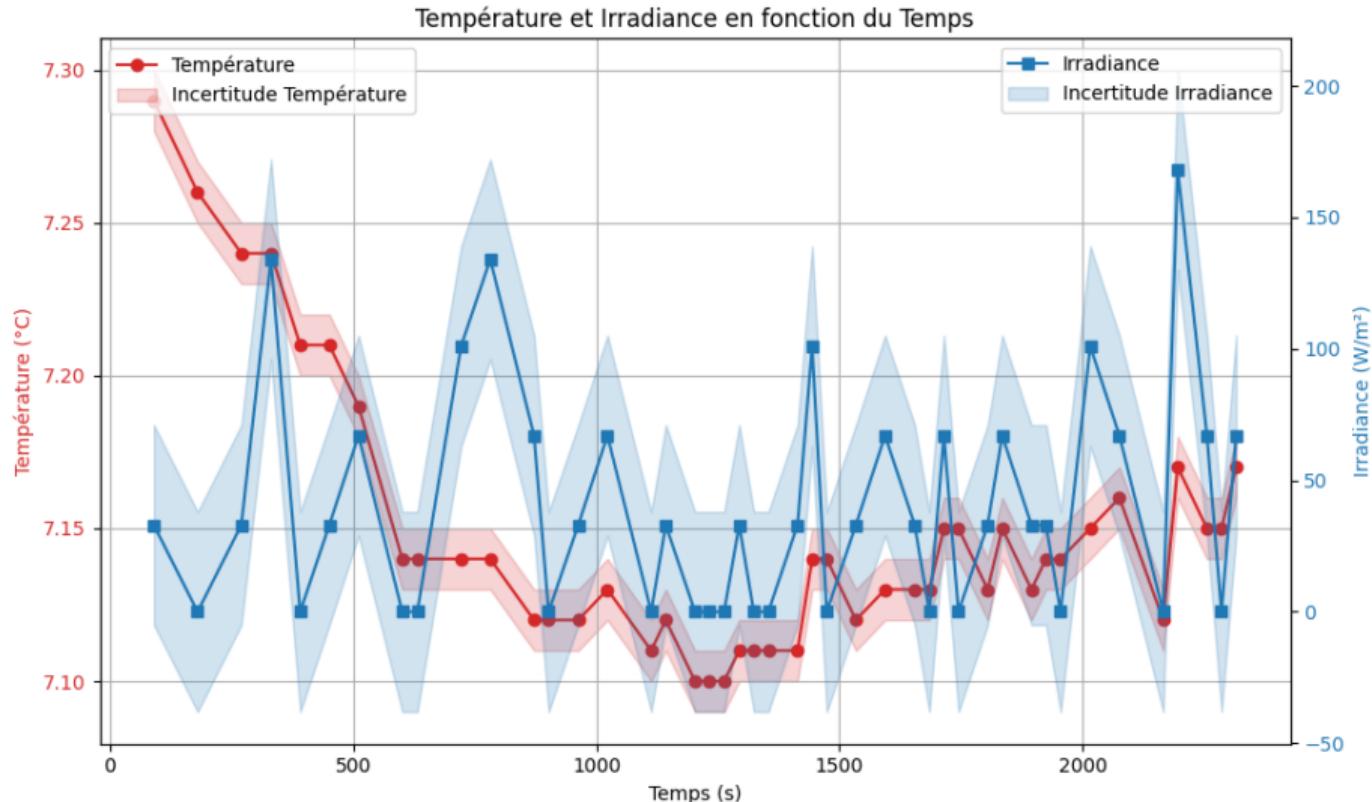


FIGURE 9: PCB une fois les composants soudés sur la carte

- Connecteurs JST pour assurer la bonne connexion
- Condensateur pour garantir une stabilité de la tension d'alimentation de l'amplificateur face aux appels de courant potentiels
- Amplificateur INA 125
- Potentiomètre pour régler le ΔV à 0 pour T_{max}
- Résistance de 100Ω déportée du pont diviseur de tension avec la thermistance

Présentation des résultats



Organisation du projet

Partage des tâches

Gr.1 **Gestion de projet**

Gr.2 **Etude théorique et calculs de rendements énergétique.**

Gr.3 **Conception du montage et programmation**

Et ... d'autres méthodes mises en place :

- Mise en place d'un Gantt, L^AT_EX, ...
- Ordre du jour en début de chaque session pour rappeler les enjeux en cours
- Tournant décisif sur l'avancé du projet en mi projet
- ...

Merci pour votre écoute !

Membres du groupe B11 :

Ismaël Lahriri, Camille Selwan, Anatole Perben
Louis Ndjountche, Salah Henrichi, **Chef de projet** : Emilien Wolff

Annexes

1 - Calcul de l'incertitude sur l'irradiance

On rappelle que l'irradiance se déduit du rapport

$$\Phi_{\odot} = \frac{m \cdot c_T \cdot \Delta T}{\Delta t \cdot S} \quad (1)$$

Puisque cette formule ne présente que des multiplications et divisions, on déterminer l'incertitude relative de chacun des paramètres.

$$\frac{u(\Phi_{\odot})}{\Phi_{\odot}} = \sqrt{\left(\frac{u(m)}{m}\right)^2 + \left(\frac{u(c_T)}{c_T}\right)^2 + \left(\frac{u(\Delta T)}{\Delta T}\right)^2 + \left(\frac{u(S)}{S}\right)^2 + \left(\frac{u(\Delta t)}{\Delta t}\right)^2} \quad (2)$$

On détaille le calcul de $u(\Delta T)/\Delta T$. Comme établi précédemment,

$$p_{ADC} = \frac{4,6}{2^{12} - 1} = 1,12\text{mV} \quad (3)$$

A partir de la pente de la fonction de transfert issu de l'étalonnage, on récupère

$$p_T = p_{ADC} \cdot 8,58 = 9,6 \cdot 10^{-3}^{\circ}\text{C} = u(\Delta T) \quad (4)$$

Calculons alors le rapport $u(\Delta T)/\Delta T$. Cette valeur dépend très fortement du ΔT mesuré. Donc de l'irradiance. A partir de (1), et en prenant une valeur d'irradiance de 1000W/m^2 (pleine échelle), on a

$$\Delta T = \frac{\Phi_{\odot} \cdot S \cdot \Delta t}{c_T \cdot m} = 0,28 \quad (5)$$

Finalement, par application numérique du (2) on a

$$\frac{u(\Phi_{\odot})}{\Phi_{\odot}} = \sqrt{(0,0015)^2 + (0,02)^2 + (0,03)^2 + (0,014)^2 + (0,0003)^2} = \boxed{0,038 \approx 4\%} \quad (6)$$

On en déduit que l'incertitude absolue est de

$$\boxed{u(\Phi_{\odot}) = 38 \text{W/m}^2} \quad \text{pour un ADC à 12 bits} \quad (7)$$

2 - Tension réelle de l'Arduino et thermistance

Remarque : Nous avons mesuré la tension réelle aux bornes de l'Arduino, et elle n'est pas égale à 5V, mais 4,6V. De plus, l'amplificateur a une limite haute de sa sortie égale à 0,9V en dessous de son alimentation. Par conséquent, il ne faut surtout pas dépasser $4,6 - 0,9 = 3,7$ V sous peine de saturer l'ADC.

Thermistance : Il nous faut une idée de l'impact de cette variation de température sur la variation de résistance de la thermistance de 100Ω à notre disposition. en l'absence de spécifications on utilise la loi de variation suivante

$$R(T) = R_{25} \exp \left(\beta \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{273 + 25} \right) \right) \quad (8)$$

avec $\beta = 3200K$. Donc la résistance va varier de 267Ω pour $0^\circ C$ à 43Ω pour $50^\circ C$