

Thermomètre PT100



Mise en œuvre d'un capteur RTD (Resistance Température Detector) PT100

La résistance au platine varie selon la température et suivant la loi

$$R_t = R_0 (At + Bt^2 + 1)$$

R_t : Résistance du capteur à la température t (Centigrades)

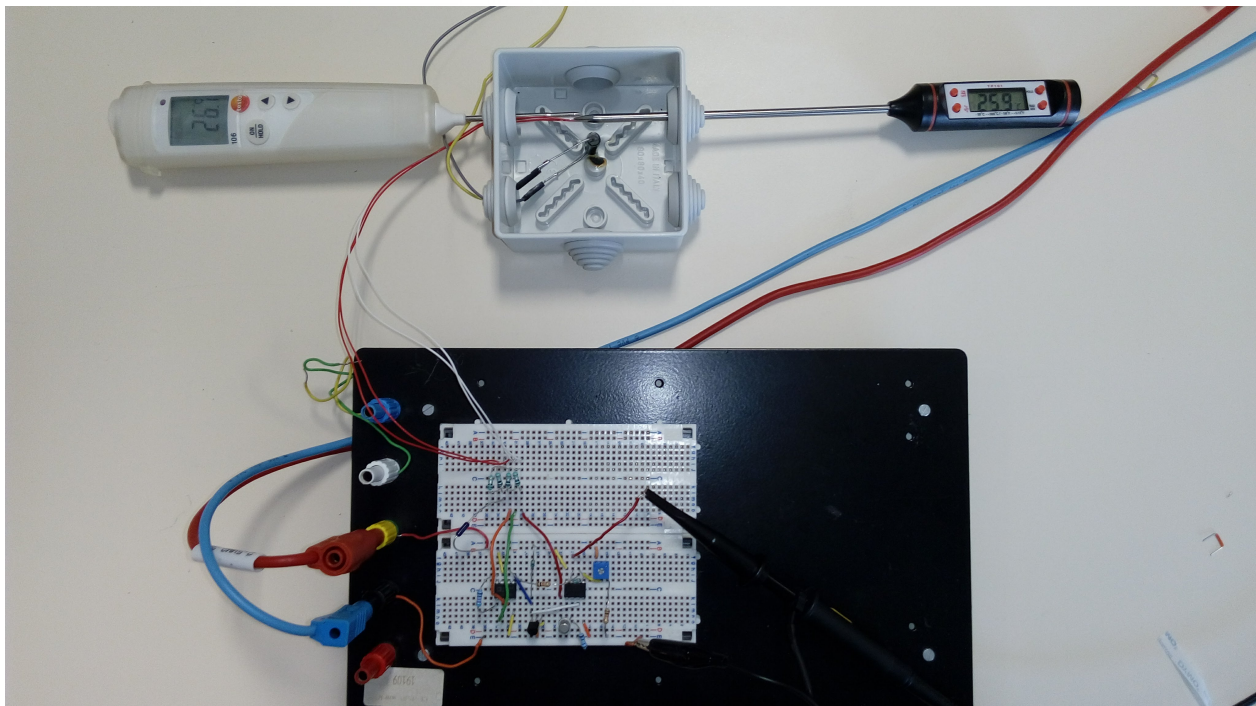
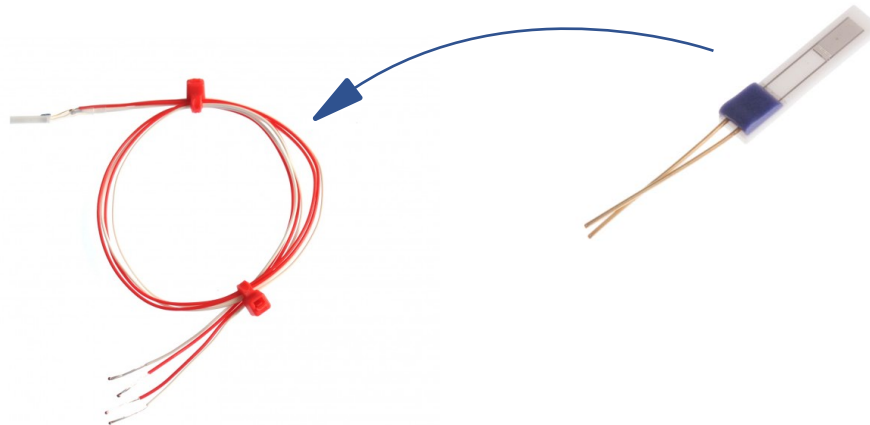
R_0 : Résistance du capteur à 0°C

$A = 3,9083 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

$B = -5,775 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-2}$

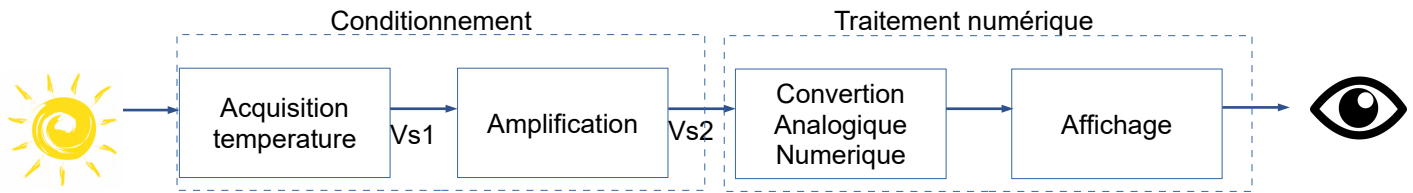
Le coefficient B étant très petit, le capteur au platine est généralement considéré comme linéaire. Nous **négligerons** ce coefficient dans ce TP.

Capteur utilisé : LABFACILITY XF-936-FAR Sonde, PT100, Film mince, Classe A (Farnell 2749465)
C'est un capteur quatre fils. Les mesures seront effectuées entre la température ambiante (tempA) et 40°C





Préparation :



Le problème à résoudre :

Le thermomètre devra afficher des températures de 20°C à 40°C
Le traitement numérique sera réalisé à l'aide d'un microcontrôleur STM32L53Z sur carte Nucleo.

Le microcontrôleur possède un ADC SAR 12bits

Les tensions de référence de l'ADC sont 3.3v et 0v.

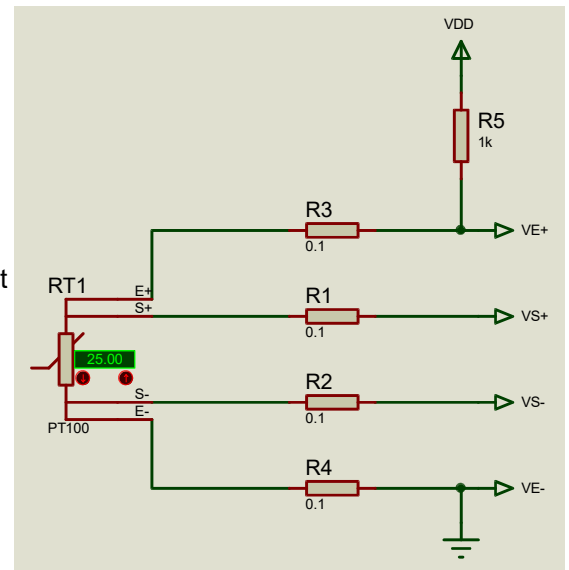
La tension à l'entrée de l'ADC sera :

$Vs2 = 3,3\text{v}$ à 20°C, sensibilité : $-0,156\text{v}/^\circ\text{C}$

Le capteur fournit une résistance proportionnelle à la température. Il est nécessaire de transformer cette résistance en tension. La structure la plus simple consiste à réaliser un montage potentiométrique (ou diviseur de tension).

R1, R2, R3, R4 représentent ici les résistances des fils (35 Ω/Km)

R5 permet de polariser le capteur. **VDD=5v**, VS+ et VS- ne sont pas chargés. Les calculs seront arrondis au centième.



1. Indiquer la longueur des fils pour une résistance de 0,1 Ω
2. Calculer la tension VE+-VE- à 25°C
3. Calculer la tension VS+-VS- à 25 °C
4. Calculer l'erreur de température conséquente.
5. Conclure quant à l'intérêt des quatre fils



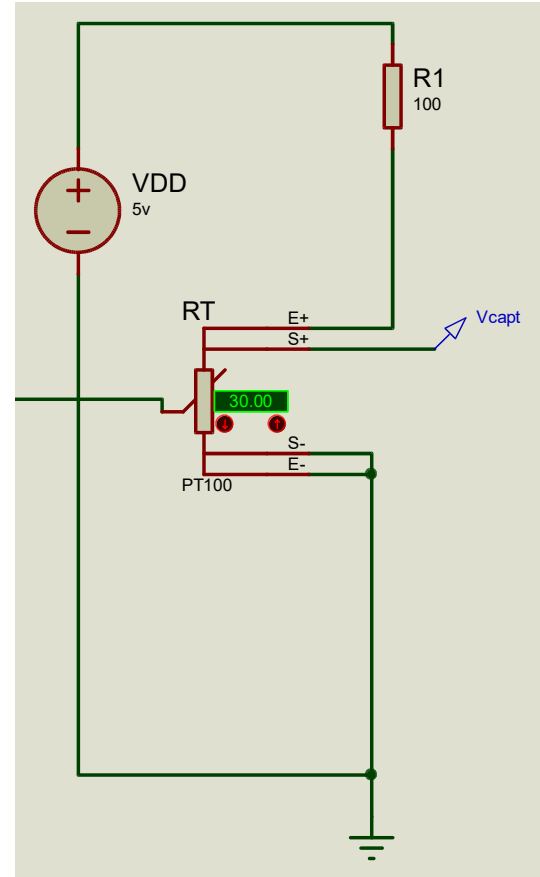
1.1 Montage potentiométrique

R1 polarise le capteur de manière à obtenir une tension V_{capt} proche de $VDD/2$. Cela facilitera la construction de l'étage d'amplification.

1 Exprimer la relation entre V_{capt} et la température
 $R_T = R_{T_0}(1 + \alpha t)$

2 La linéarité du capteur se retrouve t'elle sur V_{capt} ?

3 Calculer la puissance dissipée dans R_T à 30°C



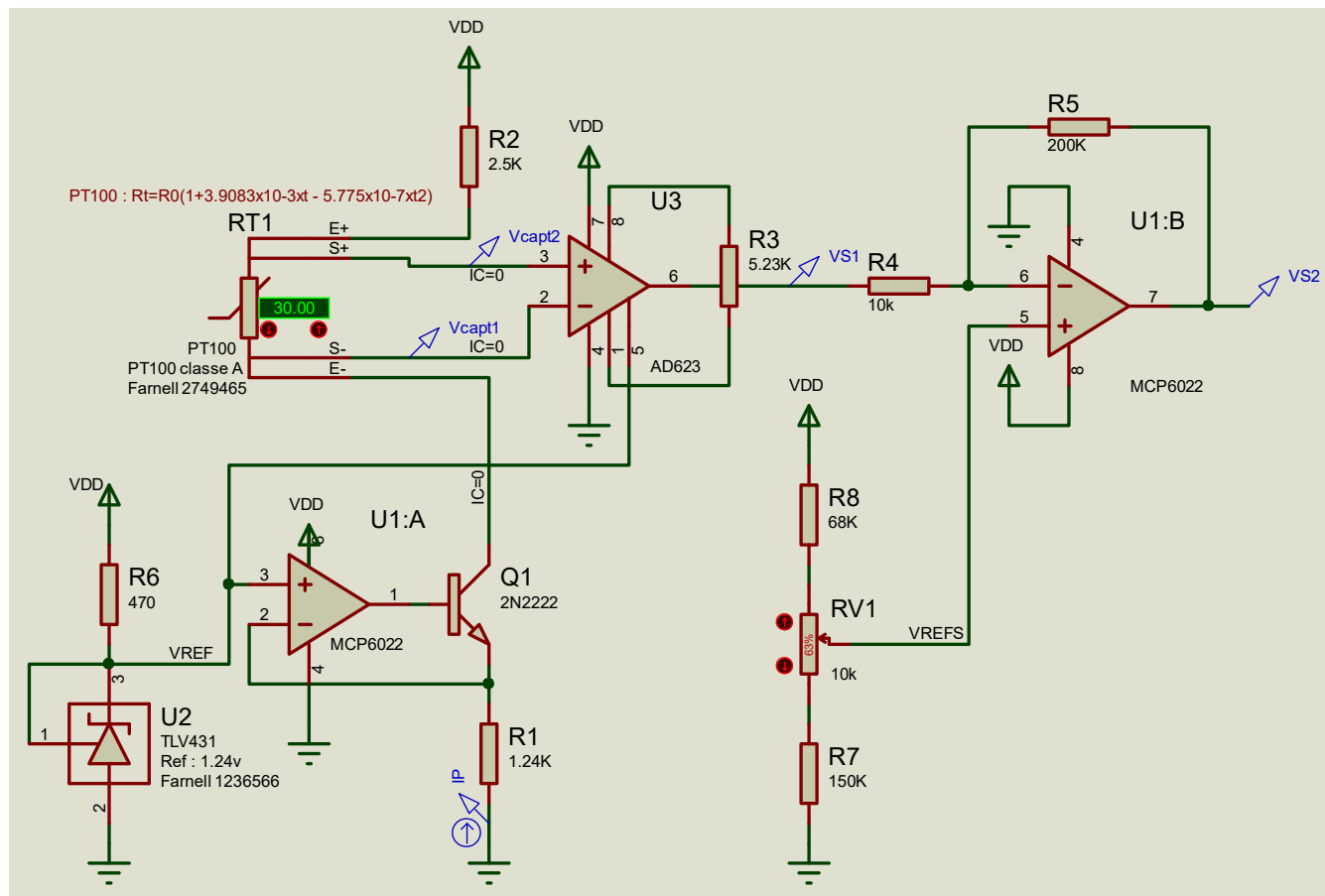
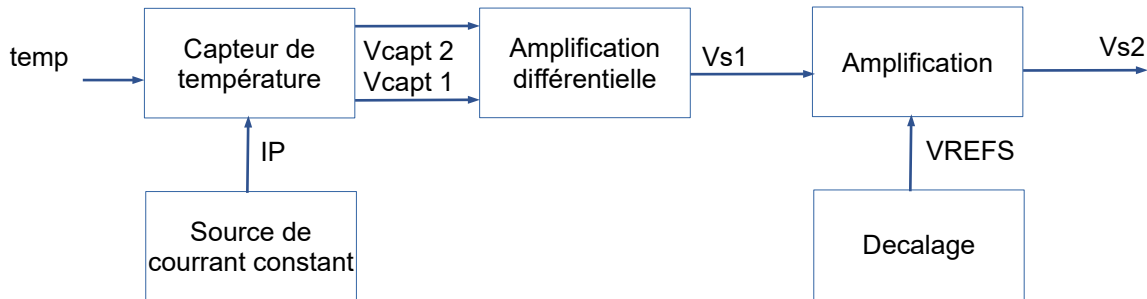
4 Calculer la puissance dissipée dans R_T à 30°C

5 Quelle peut être l'influence de la puissance dissipée sur la mesure ?



1.2 Montage source de courant et amplification différentielle

La solution potentiométrique n'est pas satisfaisante. Il est nécessaire afin de conserver la linéarité du capteur et de limiter l'auto-échauffement d'injecter un courant constant dans le capteur.



U2 est une référence de tension de 1,24v



1 Calculer IP en fonction des éléments du montage

2 En déduire $V_{\text{capt}} = V_{\text{capt2}} - V_{\text{capt1}} = f(t^\circ)$

3 Calculer V_{capt2} , et $V_{\text{capt1}} = f(t^\circ)$

4 Quel est l'avantage de ce montage par rapport au précédent ?

5 Rechercher l'amplification différentielle



6 Que représente la tension sur la broche 5 de U3 ?

7 En déduire l'équation $V_{s1}=f(t^{\circ})$

8 Pour quelle raison ne peut-on pas amplifier d'avantage la tension aux bornes de RT1 ?

9 On désire une variation de V_{s2} de $0,156V/^{\circ}C$, justifier la valeur de R_5 ($R_4=10K$).

10 On désire $V_{S2}=3.3v$ à $20^{\circ}C$, calculer la valeur de réglage de V_{REFS}



11 A partir du schéma donner la plage de réglage de VREFS

12 La tension obtenue est envoyée dans l'ADC 12bits du STM32
En raison du bruit électromagnétique important de l'environnement, seuls les 8bits de poids forts sont exploitables.
 $V_{ref+}=3.3V$, $V_{ref-}=0V$, indiquer la résolution en degré

12 Donner la fonction de transfert $N=f(t^{\circ})$



2 Travaux pratiques

Vous rechercherez les datasheets des composants actifs sur Internet.

A la fin du TP vous rangerez soigneusement les composants (en particulier les résistances) dans les cases correspondantes à leur valeur dans les boîtes de rangement.

Ne prenez pas tous les composants en début de TP mais au fur et à mesure des besoins.

Montage d'étude :

Dans tout le TP tempA représente la température ambiante.

Le capteur PT100 est placé dans une enceinte chauffée par une résistance de 1Ω et équipée d'un thermomètre de référence dont la précision est de $\pm 0,5^\circ\text{C}$, la résolution de $0,1^\circ\text{C}$.

L'enceinte n'est pas thermostatée, l'inertie thermique importante rend possible les mesures « à la volée »
Des résistances (non représentées) peuvent être ajoutées afin de simuler la résistance de fils de cuivre de grande longueur.

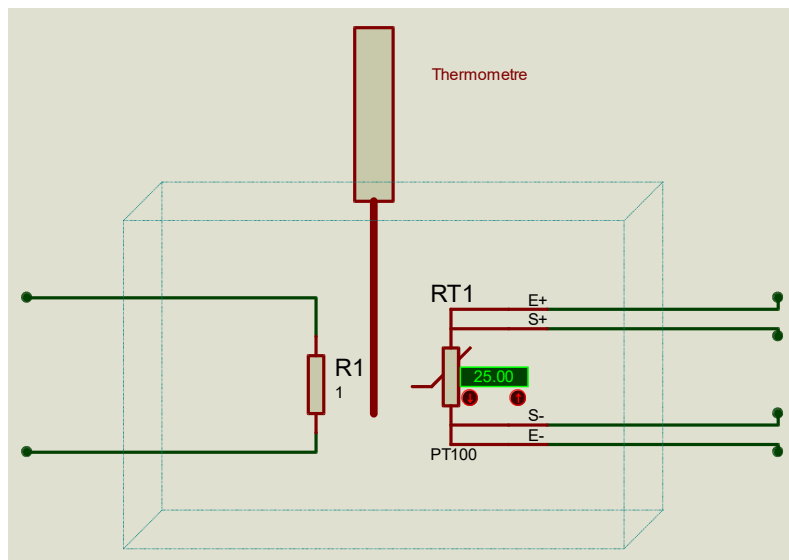
Dans tout le TP la résistance de chauffage sera alimentée par une alimentation de laboratoire indépendante du reste du montage et configurée en source de courant. La puissance ($P=RI^2$) est dissipée par effet Joule

R1 : résistance de chauffage

RT1 : Thermistance PT100

Le thermomètre de référence est un thermomètre de cuisine, sa précision ($\pm 0,5^\circ\text{C}$), n'est pas bonne mais il a une très bonne linéarité et fidélité. Un thermomètre étalon permet de mesurer la différence entre la température réelle et la température affichée.

La température du capteur évoluant assez lentement, les mesures peuvent s'effectuer « à la volée ». On énonce à haute voix la température et la valeur mesurée à un instant t.



Ordre de grandeur des températures obtenues dans une boîte de dérivation électrique fermée (80x80x50), pour une température ambiante de 20°C . (La constante de temps est d'environ 1mn)

Puissance (W)	Températures ($^\circ\text{C}$)
0,01	21,4
0,0625	22,3
0,25	23
0,5625	24,5
1	27,3
15,625	28,4
2,25	30
30,625	31,7
4	38,9



2.1 Caractéristique du capteur

Relever la courbe $R_t=f(t^\circ)$ sur trois à quatre points de mesure pour des températures comprises entre la tempA et 40°C. Linéariser la courbe obtenue et comparer à la caractéristique du capteur.

Vous indiquerez quelle est l'instrumentation utilisée et pourquoi ?

2.2 Montage potentiométrique

Réaliser le montage potentiométrique de la préparation page 3.

$R_2 = 100\Omega$, relever V_{capt} pour une température aux alentours de 30°C, en déduire la valeur ohmique du capteur.

$R_2 = 5,23K\Omega$, relever V_{capt} pour la même température, en déduire la valeur ohmique du capteur.

Pourquoi y a-t-il une différence ?

Conclure quant à la validité du montage (précision, linéarité) ?



2.3 Montage source de courant et amplification différentielle

Réaliser uniquement le montage de la source de courant, et du capteur PT100.

A température ambiante, **relever** IP, VCAPT1, VCAPT2 et (VCAPT2-VCAPT1)

Ces valeurs sont-elles compatibles avec les critères de fonctionnement de l'AD623 ?

Ajouter l'amplificateur d'instrumentation, attention, R3 est connecté uniquement entre les broches 1 et 8.

Pour $\text{tempA} < t < 40^{\circ}\text{C}$ relever $V_{s1} = f(t^{\circ})$, **comparer** la courbe obtenue (amplification, décalage) aux résultats attendus

Ajouter l'amplificateur inverseur (utilisez le deuxième AOP du MCP6022) sans le connecter à la sortie de U3

Régler VREFS avec RV1 de manière à obtenir **$V_{s2} = 3.3\text{v}$ à 20°C** . (voir page 6)

S'il vous reste encore une heure de TP (sinon passez au b)

a) Relever $V_{s2} = f(V_{s1})$ pour $0 < V_{s1} < 5\text{v}$.

A partir du relevé de $V_{s2} = f(V_{s1})$, exprimer l'équation de la courbe obtenue, **comparer** avec les valeurs attendues

b) Connecter la sortie de l'amplificateur d'instrumentation à l'entrée de U1:B

Pour $\text{tempA} < t < 40^{\circ}\text{C}$ relever $V_{s2} = f(t^{\circ})$, **comparer** la courbe obtenue (amplification, décalage) aux résultats attendus

2.4 Numérisation

On utilise une carte Nucleo équipée d'un ADC 12bits, vous rappellerez pourquoi seuls les 8bits de poids fort seront pris en compte.

Le microcontrôleur dispose d'un programme de gestion de l'ADC.

Lors de la connexion au PC par USB, la carte NUCLEO se comporte comme une « clé » USB. Copier-coller dans la carte NUCLEO le fichier STM32_ADC_TEST_2_NUCLEO_L053R8.bin

L'interface de commande du logiciel utilise le lien « UART over USB » du KIT Nucleo et un émulateur de terminal sur PC (9600,N,8,1)

Le driver Windows STLINK (*en principe STLINK est reconnu par Windows*) ainsi que l'émulateur de terminal TERATERM sont disponibles sur Campus.

Le ZIP de TERATERM est une version portable du logiciel. Copier, décompresser et lancer l'exécutable. Le port série virtuel de la carte Nucleo doit alors être reconnu par TERATERM.

Relever les valeurs (décimal ou hexadécimal) obtenues à t_{amb} , 25°C , 30°C et 35°C ,

Estimer la précision et la résolution en $^{\circ}\text{C}$

Comparer aux valeurs calculées dans la préparation

Thermomètre PT100



Exemple de montage :

