

AERO 1  
2019

# MINI PROJET ELECTRONIQUE

Elena Ignaczuk, Raviram Varatharajah

IPSA

AERO 1

# Sommaire

Introduction -----3

Les étages du montage (partie théorique) -----4

Les étages du montage (partie simulation) -----8

Proposition d' une autre sonde -----13

Conclusion -----14

Bibliographie -----16

## Introduction

Le capteur PT100 est une appellation d'un capteur de température, ou détecteur de température à résistance (RTD), qui provient de sa fabrication. En effet le nombre 100 fait référence à la résistance de 100 ohms à une température de 0°C du capteur, tandis que le P correspond à son matériel de composition le plus courant : le platine. Le capteur PT100 est le plus utilisé des RTD car il permet d'obtenir des résultats avec une précision importante, sa courbe caractéristique se dessine de façon linéaire, et grâce à lui, on peut mesurer des températures entre -200° C et 850°C.

Pour utiliser ce capteur, on le transforme en sonde, ou thermomètre à résistance de platine (PRT). On l'entoure alors d'une gaine de protection. Les sondes PT100 peuvent être de deux sortes : bobinées ou à couche mince. Lorsque le capteur est dit bobiné, alors on enroule un fil de platine autour d'un noyau de verre ou de céramique. Dans le cas du capteur à couche mince, on dépose une plaque de métal sur le verre ou la céramique.

La mesure de la température est rendue possible lorsque le capteur est relié à un régulateur. Il faut savoir que plus le nombre de câble est utilisé pour les relier est élevée, plus la sonde sera précise et performante. Le coefficient de température du platine en fonction de la résistance permet une mesure de la variation de la résistance. En effet, la température est mesurée grâce aux variations de la résistance du capteur PT100. Cependant, il peut y avoir des accumulations d'erreurs dues aux résistances des éléments externes comme les câbles. Pour minimiser ses erreurs, il faut prendre des câbles avec des résistances équivalentes.

## Les étages du montage (partie théorique)

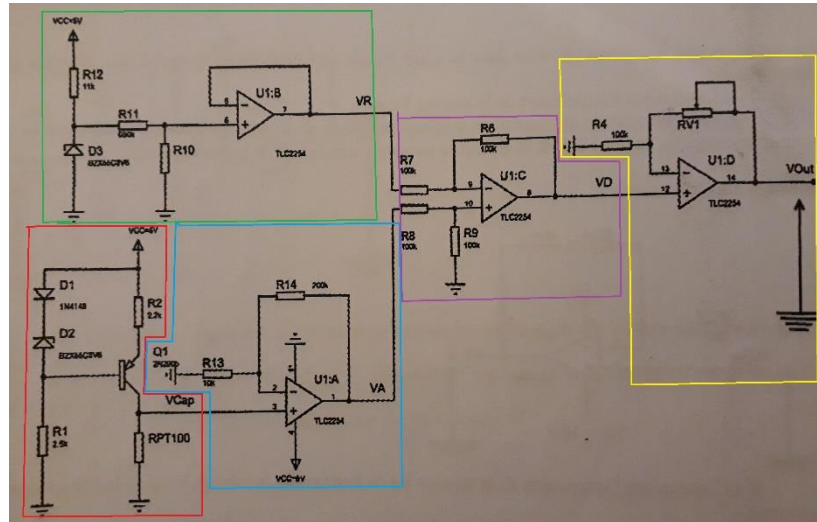
Rouge : Etage 1

Bleu : Etage 2

Vert : Etage 3

Violet : Etage 4


Jaune : Etage 5



- Etage 1 : Etage générateur de courant constant

Parmi les composants on a  $D_1$  qui est une diode et  $D_2$  une diode zener. Sur le circuit, on remarque qu'elles sont placées en opposition ; cela permet de stabiliser la tension dans le circuit. Les tensions  $U_{D1}$  et  $U_{D2}$  représentent la différence de tension aux bornes des diodes  $D_1$  et  $D_2$ . Le générateur de courant correspond à une source dont les bornes disposent d'un courant constant peu importe le courant qui traverse ce générateur.

On le note :



1.1 Loi des mailles :  $U_{D1} - V_{EB} - U_{D2} - R_2 \times I = 0$

$$U_{D1} - V_{EB} - U_{D2} = R_2 \times I$$

$$\frac{U_{D1} - V_{EB} - U_{D2}}{R_2} = I$$

$$I = \frac{0,6 - 0,6 - 3,6}{2,2 \times 10^3}$$

$$I = -1,64 \text{ mA}$$

$$I = 1,64 \text{ mA}$$

1.2 Si on considère que le courant est constant dans l'étage et correspond à  $I$ , alors on peut calculer  $V_{cap}$  de la manière suivante :

Loi des mailles :  $V_{cap} - U_{RPT100} = 0$

$$V_{cap} = U_{RPT100}$$

D'après la loi d'Ohms :

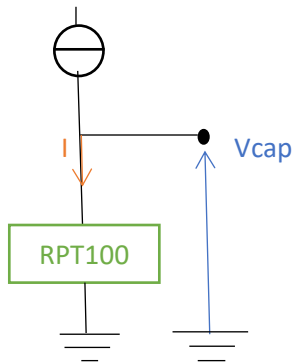
$$V_{cap} = R_{PT100} \times I$$

$$V_{cap} = 1,64.10^{-3} \times 100(1 + 3,9083.10^{-3} \times T - 5,775.10^{-7} \times T^2)$$

Pour  $T(^{\circ}\text{C}) = -50$ ,  $V_{cap} = 0,132\text{V}$

Pour  $T(^{\circ}\text{C}) = 200$ ,  $V_{cap} = 0,288\text{V}$

1.3 On peut alors réaliser un schéma équivalent de l'étage :



- Etage 2 : Etage amplificateur

2.1 D'après le schéma du circuit, on peut dire que  $V^+ = V_{cap}$

$$\text{et } V^- = \frac{\frac{V_a}{R_{14}}}{\frac{1}{R_{13}} + \frac{1}{R_{14}}} \text{ grâce au théorème de Millman .}$$

L'AOP de l'étage est relié en mode linéaire. On a donc  $V^+ = V^-$

$$V_{cap} = \frac{\frac{V_a}{R_{14}}}{\frac{1}{R_{13}} + \frac{1}{R_{14}}}$$

$$V_a = \left( \frac{V_{cap}}{R_{13}} + \frac{V_{cap}}{R_{14}} \right) R_{14}$$

$$V_a = \frac{R_{14} \times V_{cap}}{R_{13}} + V_{cap}$$

$$V_a = V_{cap} \left( 1 + \frac{R_{14}}{R_{13}} \right)$$

2.2 Ce montage est un amplificateur non inverseur. Ainsi la valeur de l'amplification

$$\text{correspond à : } 1 + \frac{R_{14}}{R_{13}} = 1 + \frac{200 \times 10^3}{10 \times 10^3} = 21$$

2.3 On peut donc dire que  $0V \ll V_a \ll 10V$  est la plage de variation de  $V_a$ .

- Etage 3 : Etage de référence VR

3.1 Loi de mailles (1) :  $V_{cc} - U_{R12} - U_{D3} = 0$

$$V_{CC} - R_{12} \times I_{R12} - U_{D3} = 0$$

$$I_{R12} = V_{CC} - U_{D3}$$

$$I_{R12} = \frac{V_{CC} - U_{D3}}{R_{12}}$$

$$I_{R12} = \frac{5 - 3,6}{11 \times 10^3} = 1,27 \times 10^{-1} mA$$

Loi des nœuds :  $i = i_1 + i_2$

Loi des mailles (2) :  $V_{CC} - U_{R12} - U_{R11} - V^+ = 0$

$$U_{R11} = 5 - U_{R12} - V^+$$

$$U_{R11} = 5 - I_{R12} \times R_{12} - V^+$$

$$I_{R11} = \frac{U_{R11}}{R_{11}} = \frac{5 - (11 \cdot 10^3 \times 1,27 \cdot 10^{-4}) - 2,8}{680 \cdot 10^3}$$

$$I_{R11} = 1,18 \cdot 10^{-3} mA$$

Loi des mailles :  $V_{CC} - U_{R12} - U_{R11} - U_{R10} = 0$

$$U_{R10} = V_{CC} - U_{R12} - U_{R11}$$

$$R10 = \frac{V_{CC} - U_{R12} - U_{R11}}{I_{R10}}$$

$$R10 = \frac{V_{CC} - U_{R12} - U_{R11}}{I_{R11}}$$

$$R10 = \frac{5 - (1,27 \cdot 10^{-4} \times 11 \cdot 10^3) - (1,18 \cdot 10^{-6} \times 680 \cdot 10^3)}{1,18 \cdot 10^{-6}}$$

$$R10 = 2373 \cdot 10^3 \Omega$$

3.2 D'après le circuit on peut dire que  $V^+ = V_R$ . Donc  $V_R = 2,8V$

3.3 Le montage présenté est un montage suiveur. C'est-à-dire que la tension dans l'entrée non inverseuse est égale à la tension de sortie.

- Etage 4 : Etage décalage

4.1 Puisque le montage est linéaire on a  $V^+ = V^-$  avec

$$V^+ = \frac{\frac{V_a}{R_8}}{\frac{1}{R_8} + \frac{1}{R_9}} \text{ et } V^- = \frac{\frac{V_D}{R_6} + \frac{V_R}{R_7}}{\frac{1}{R_7} + \frac{1}{R_6}}$$

d'après le théorème de Millman.

$$\frac{\frac{V_a}{R_8}}{\frac{1}{R_8} + \frac{1}{R_9}} = \frac{\frac{V_D}{R_6} + \frac{V_R}{R_7}}{\frac{1}{R_7} + \frac{1}{R_6}}$$

$$\frac{\frac{Va}{R8 \times R7} + \frac{Va}{R6 \times R8}}{\frac{1}{R8} + \frac{1}{R9}} = \frac{VD}{R6} + \frac{VR}{R7}$$

$$VD = \left( \left( \frac{Va}{R8 \times R7} + \frac{Va}{R6 \times R8} \right) \frac{R8 \times R9}{R8 + R9} - \frac{VR}{R7} \right) \times R6$$

2.2 Si on considère  $R6=R7=R8=R9=R$ , on obtient :

$$VD = \left( \left( \frac{Va}{R^2} + \frac{Va}{R^2} \right) \times \frac{R^2}{2R} - \frac{VR}{R} \right) R$$

$$VD = \left( \frac{2Va}{R^2} \times \frac{R^2}{2R} - \frac{VR}{R} \right) R$$

$$VD = \left( \frac{2Va}{2R} - \frac{VR}{R} \right) R$$

$$VD = Va - VR$$

4.3 On a un montage soustracteur.

- Etage 5 : Etage correction de gain

5.1 Le montage est linéaire, on a donc  $V^+ = V^-$ .

$$\text{D'après le circuit, on sait que } V^+ = VD \text{ et } V^- = \frac{\frac{Vout}{RV1}}{\frac{1}{R4} + \frac{1}{RV1}}$$

On obtient donc :

$$VD = \frac{\frac{Vout}{RV1}}{\frac{1}{R4} + \frac{1}{RV1}}$$

$$Vout = \left( \frac{VD}{R4} + \frac{VD}{RV1} \right) \times RV1$$

$$Vout = \frac{VD \times RV1}{R4} + VD$$

$$Vout = VD \left( \frac{RV1}{R4} + 1 \right)$$

5.2 C'est un montage amplificateur non inverseur

5.3 Son amplification est :  $\frac{RV1}{R4} + 1 = 1,5$

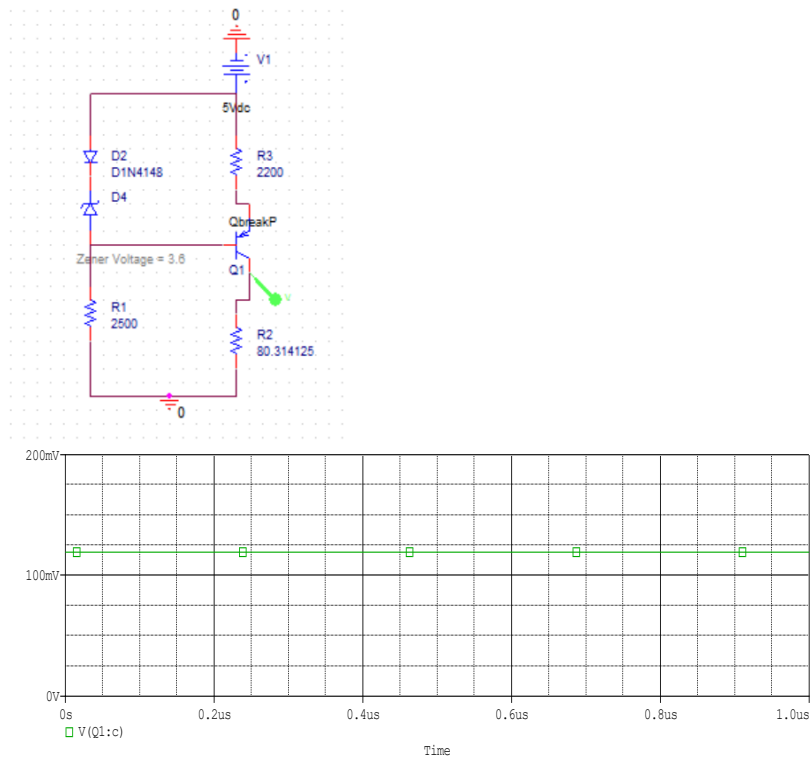
$$RV1 = 0,5 \times R4 = 0,5 \times 100.10^3$$

$$RV1 = 50000\Omega$$

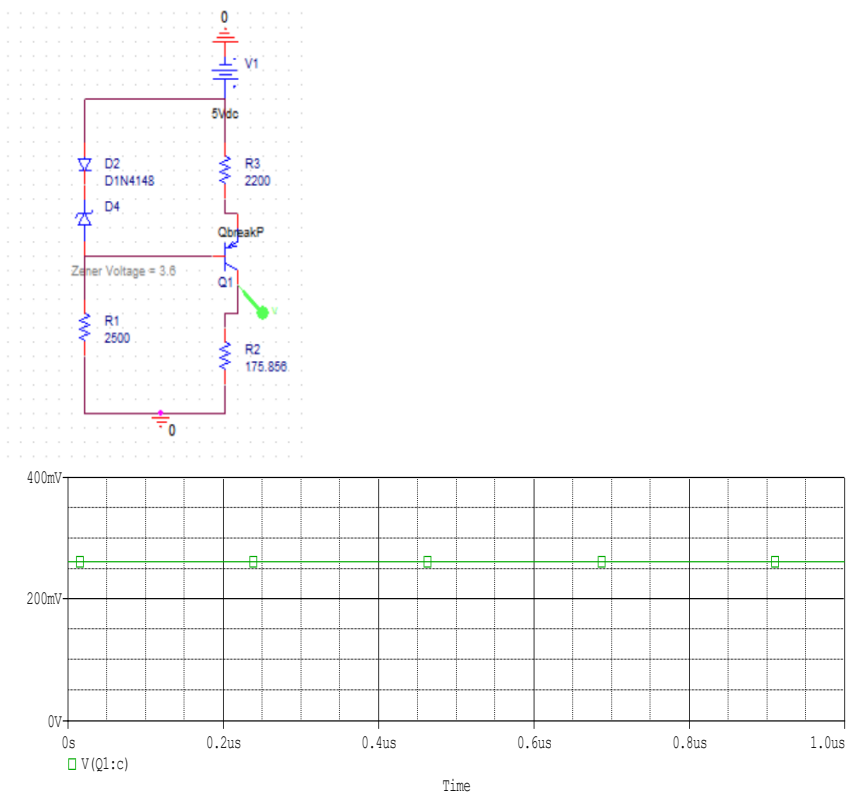
## Les étages du montage (partie simulation)

- Etage 1 : Etage générateur de courant

Pour  $T(^{\circ}\text{C}) = -50^{\circ}\text{C}$



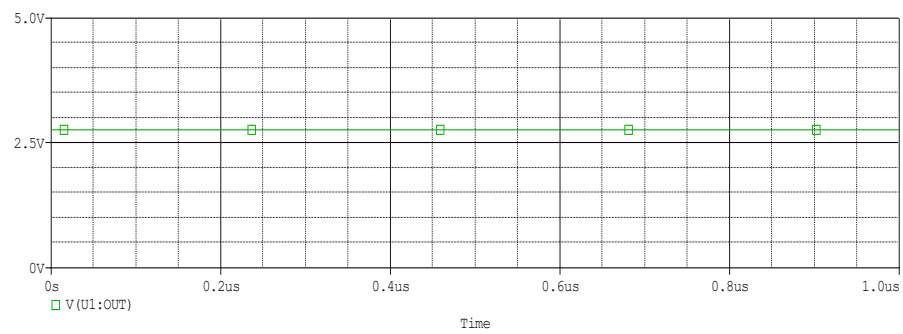
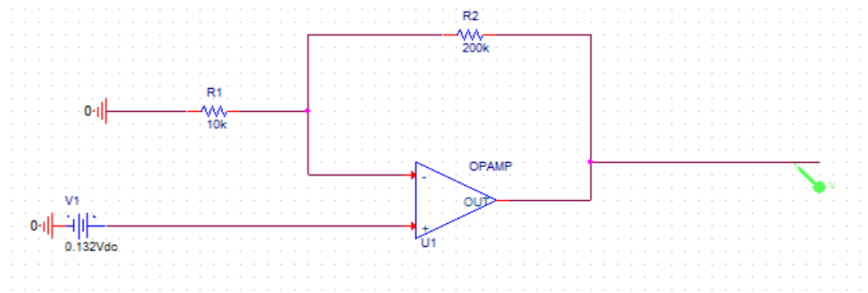
Pour  $T(^{\circ}\text{C}) = 200^{\circ}\text{C}$



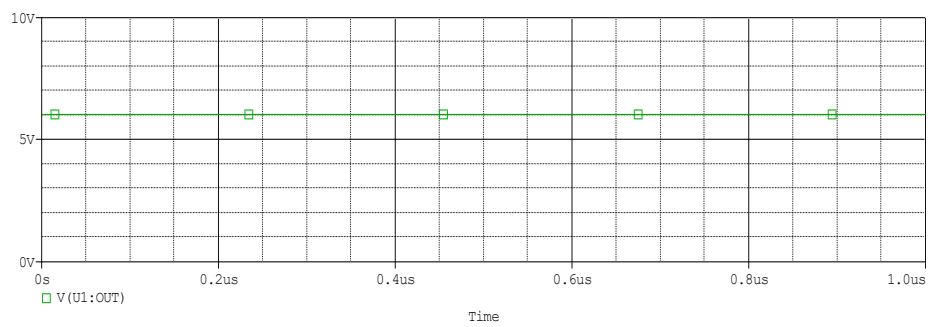
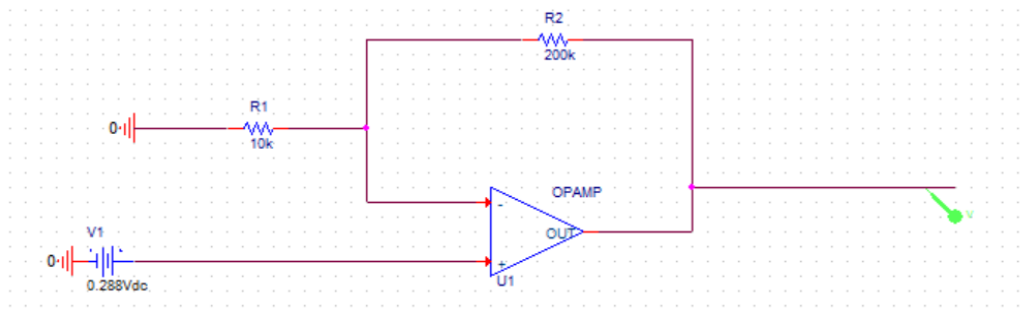


- Etage 2 : Etage amplificateur

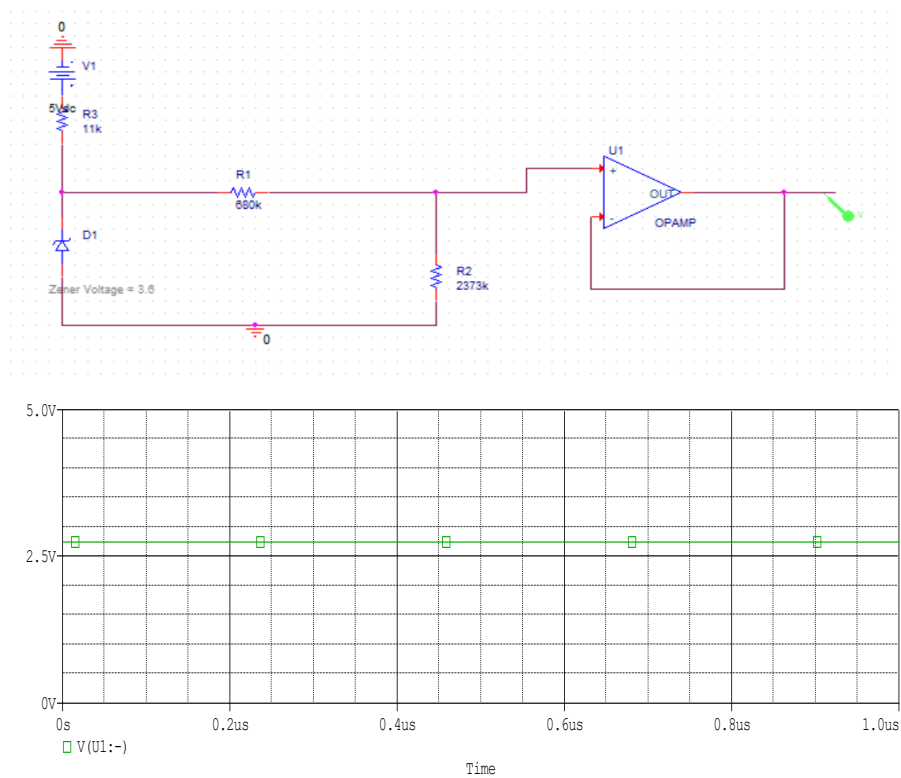
Pour  $T(^{\circ}\text{C}) = -50^{\circ}\text{C}$



Pour  $T(^{\circ}\text{C}) = 200^{\circ}\text{C}$

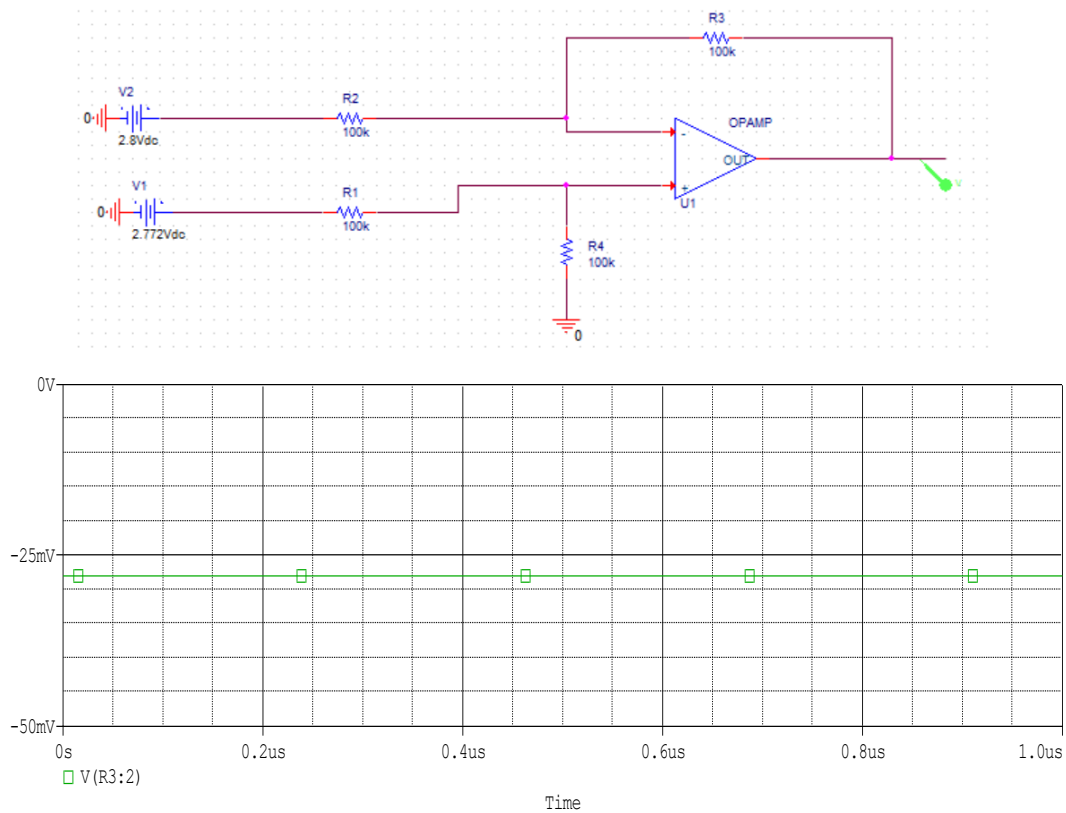


- Etage 3 : Etude référence Vr

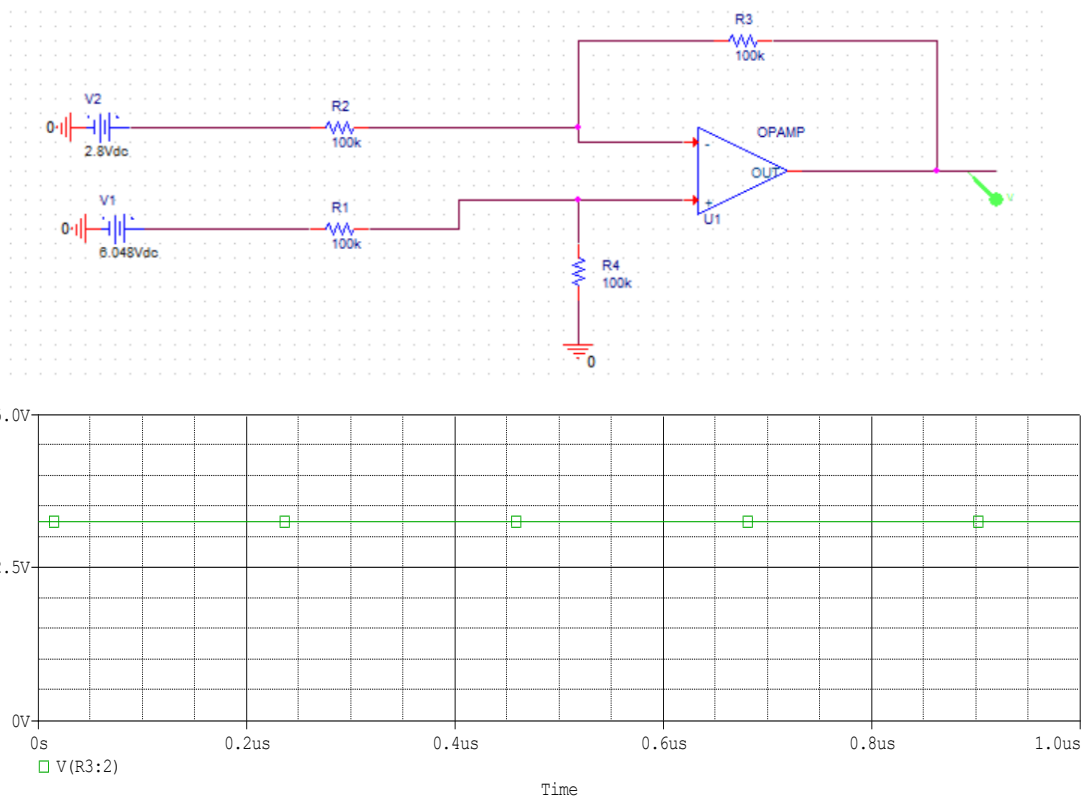


- Etage 4 : Etage décalage

Pour  $T(^{\circ}\text{C}) = -50^{\circ}\text{C}$

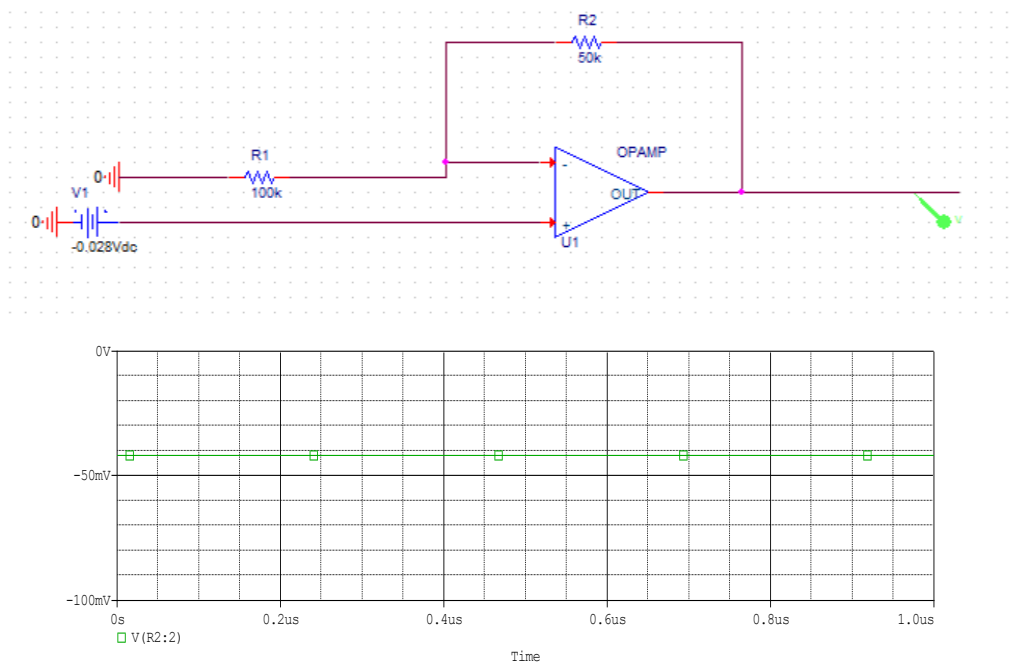


Pour  $T(^{\circ}\text{C}) = 200^{\circ}\text{C}$

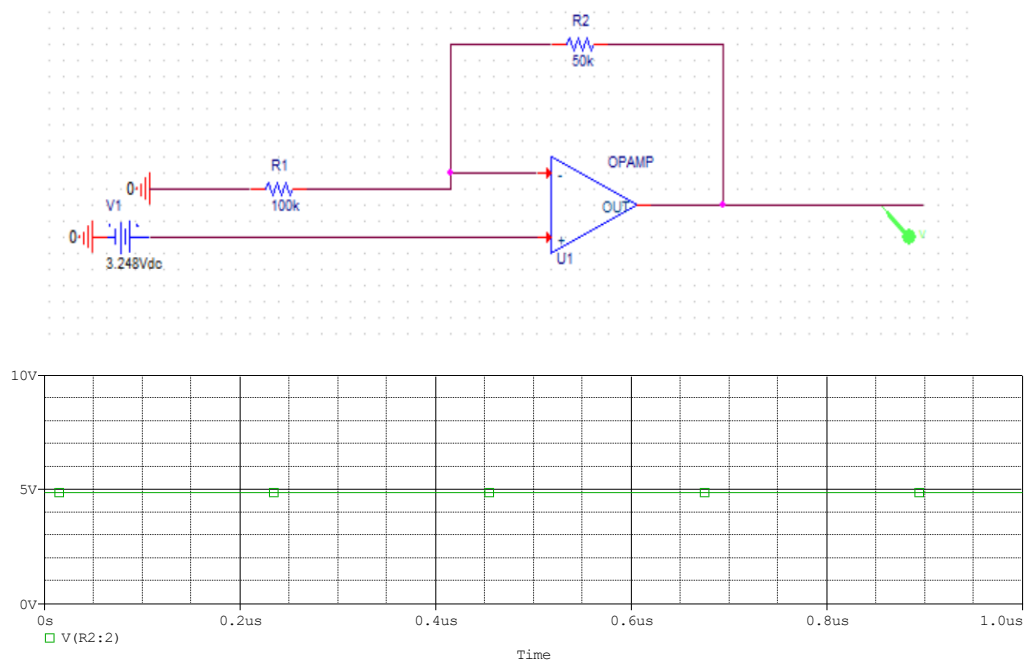


- Etage 5 : Etage correction du gain

Pour  $T(^{\circ}\text{C}) = -50^{\circ}\text{C}$

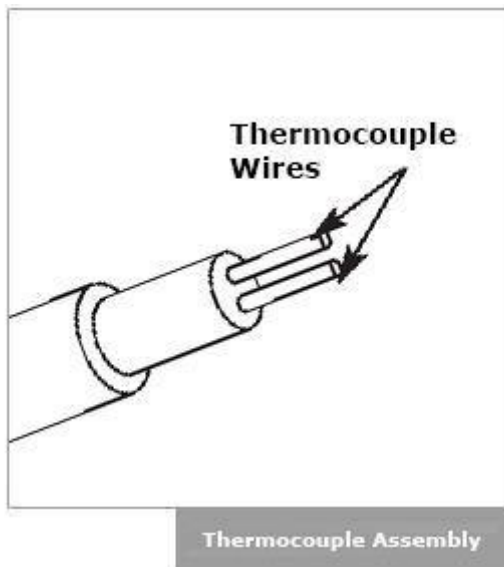


Pour  $T(^{\circ}\text{C}) = 200^{\circ}\text{C}$



### Proposition d' une autre sonde :

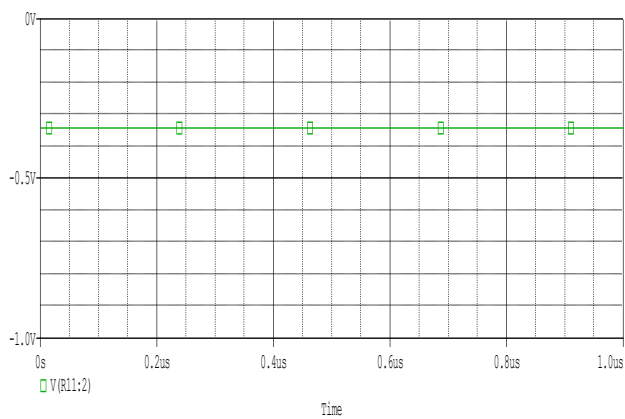
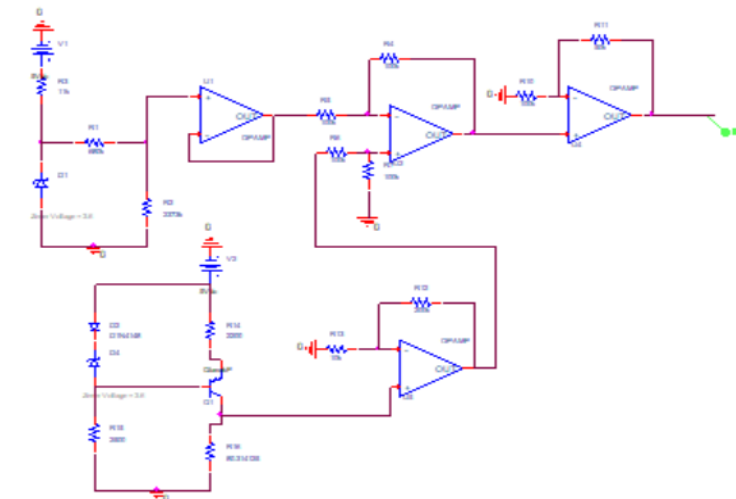
Dans ce circuit, on pourrait remplacer la sonde PT100 par une sonde appelée thermocouple. Un thermocouple, comme son nom l'indique est un capteur servant à mesurer des températures. La mesure de la température est réalisée grâce à la création d'une tension variable lorsque le capteur est soumis à une température. Ce sont les deux morceaux de métaux qui permettent de mesurer la température. Il existe de nombreux types de thermocouple. Il en existe donc certains qui possèdent les mêmes propriétés (la même plage de température, une bonne précision...). De plus ce type de capteur est moins coûteux que les PT100.



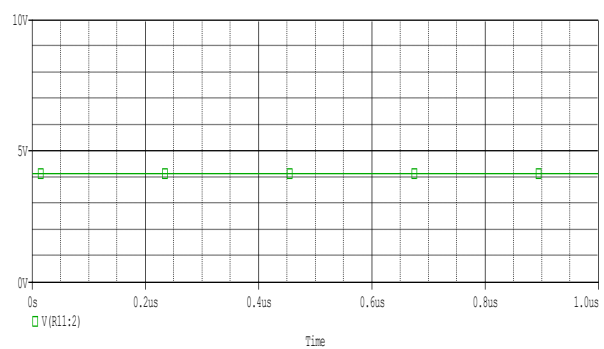
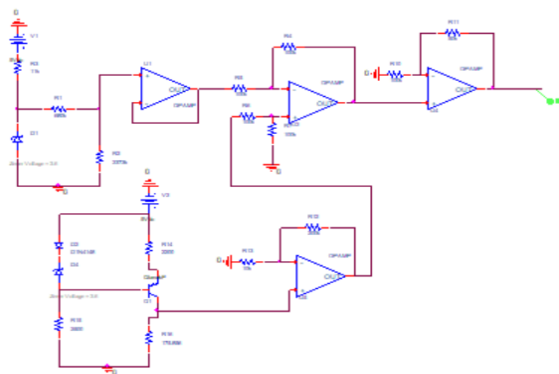
## Conclusion :

Température extérieur (°C)	Vcap (V)	Va (V)	VR (V)	VD (V)	Vout (V)
-50°C	<b>0,132</b>	<b>2,772</b>	<b>2,8</b>	<b>-0,028</b>	<b>-0,042</b>
+200°C	<b>0,288</b>	<b>6,048</b>	<b>2,8</b>	<b>3,248</b>	<b>4,872</b>

Pour  $T(^{\circ}\text{C}) = -50^{\circ}\text{C}$ , avec  $R_{PT100} = 80,314125\Omega$



Pour  $T(^{\circ}\text{C}) = 200^{\circ}\text{C}$ , avec  $R_{PT100} = 175,856\Omega$



On sait que courbe de la tension  $V_{out}$  en fonction de la température est une courbe affine.  
Ainsi  $V_{out}=f(T)$

D'après les données du tableau ci-dessus, on en déduit que le coefficient directeur de la droite correspond à :

$$\frac{4,914}{250} = 19.10^{-3}, \text{ et ainsi } T=0 \text{ on obtient } 0,96.$$

$$y = 19.10^{-3}x + 0,96$$

De même si  $V_{out}=3,5$  V alors on a  $3,5 = 19.10^{-3}x + 0,96$

$$x = \frac{3,5 - 0,96}{19.10^{-3}} = 133,68^{\circ}C$$

Le cahier des charges est respecté, en effet, on obtient comme demandé des valeurs comprises en 0 et 5V. De plus  $V_{out}$  pour une température de  $-50^{\circ}C$  tend vers 0 tandis que vers  $200^{\circ}C$ , elle tend vers 5V.

## Bibliographie

<https://www.omega.fr/prodinfo/pt100.html>

<https://blog.wika.fr/savoir-faire/fonctionnement-des-sondes-a-resistance/>

<https://www.omega.fr/prodinfo/thermocouples.html>