

Séance 2 : Apport de connaissances sur les capteurs de température

Qu'est-ce que la température ?

Qualitativement, la température d'un objet détermine la sensation de chaud ou de froid ressentie en le touchant. Plus spécifiquement, la température est une mesure de l'énergie cinétique moyenne des particules d'un échantillon de matière, exprimée en unités de degrés sur une échelle standard.

I. Types de capteurs de température

Il est possible de mesurer la température de plusieurs façons différentes qui se distinguent par le coût des équipements et la précision ainsi que le temps de réponse.

Les types les plus courants de capteurs sont les sondes RTD, les thermistances et les thermocouples.

1. Les sondes RTD



Figure n°1. Les sondes RTD (Resistance Temperature Detectors - capteurs de température à résistance)

a. Avantages et inconvénients :

Populaires pour **leur stabilité**, les RTD présentent le signal **le plus linéaire** de tous les capteurs électroniques en matière de température. Toutefois, ils coûtent généralement **plus cher** que leurs équivalents à cause de leur construction plus délicate et le recours au platine.

Les RTD se caractérisent aussi par un **temps de réponse lent** et par **une faible sensibilité**. En outre, parce qu'ils nécessitent une excitation en courant, ils sont sujets à une élévation de température.

Les RTD peuvent mesurer des températures pouvant atteindre **850°C**.

b. Principe de fonctionnement :

Les RTD fonctionnent sur le principe des variations de résistance électrique des métaux purs et se caractérisent par une modification positive linéaire de la résistance en fonction de la température.

Concrètement, une fois chauffée, la résistance du métal augmente et inversement une fois refroidie, elle diminue.

Les éléments types utilisés pour les RTD incluent le nickel (Ni) et le cuivre (Cu) mais le platine (Pt) est de loin le plus courant, en raison de l'étendue de sa gamme de températures, de sa précision et de sa stabilité.

Faire passer le courant à travers une sonde RTD génère une tension à travers la sonde RTD. En mesurant cette tension, vous pouvez déterminer sa résistance et ainsi, sa température.

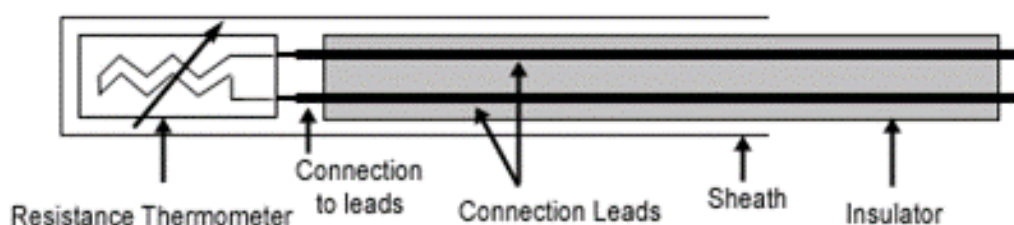


Figure n° 2. Architecture physique d'un RTD

c. Allure des caractéristiques

Les RTD sont habituellement classés par leur résistance nominale à 0°C. Les valeurs de résistance nominale types pour les RTD à film fin en platine sont comprises entre 100 et 1 000 Ω.

La relation entre la résistance et la température est presque linéaire et respecte l'équation suivante :

$$\text{Pour } T > 0 \text{ } ^\circ\text{C}, R_T = R_0 [1 + aT + bT^2]$$

Avec: R_T = résistance à la température T , R_0 = résistance nominale,

a et b = constantes utilisées pour mettre à l'échelle le RTD.

Exemple:

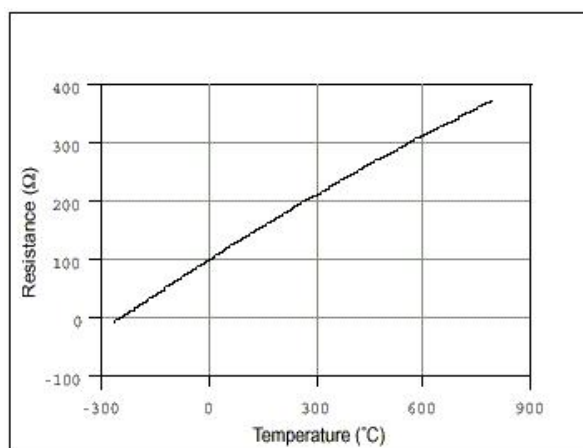


Figure n°3. La courbe résistance/température pour un RTD en platine de 100 Ω, communément appelée Pt100

Cette relation semble relativement linéaire, mais un ajustement de courbes est souvent le moyen le plus précis pour relever une mesure RTD avec précision.

2. Thermistance



Figure n°3. les thermistances.

a. Avantages et inconvénients :

En règle générale, les thermistances ont **une sensibilité de mesure très élevée** ($\sim 200 \Omega/^\circ\text{C}$), ce qui les rend très sensibles aux variations de températures.

Bien qu'elles présentent **un taux de réponse de l'ordre de la seconde**, les thermistances ne peuvent être utilisées que dans une **gamme de températures ne dépassant pas 300 °C**.

Cette caractéristique, associée à leur résistance nominale élevée, contribue à garantir des mesures précises dans les applications à basse température.

b. Principe de fonctionnement :

Les thermistances, comme les capteurs de température à résistance (RTD), sont des conducteurs thermosensibles dont la résistance varie avec la température.

Les thermistances sont constituées d'un matériau semi-conducteur d'oxyde métallique encapsulé dans une petite bille d'époxy ou de verre.

En outre, les thermistances présentent généralement des valeurs de résistance nominale plus élevées que les RTD (de 2 000 à 10 000 Ω) et peuvent être utilisées pour de plus faibles courants



Figure n°4. Symbole communément utilisé pour représenter une thermistance

c. Allure des caractéristiques

Chaque capteur a une résistance nominale propre qui varie de manière proportionnelle en fonction de la température selon une approximation linéaire.

Les thermistances ont soit un coefficient de température négatif (CTN), soit un coefficient de température positif (CTP).

Dans le premier cas(CTN), le plus courant, la thermistance a une résistance qui diminue lorsque la température augmente, tandis que dans le second (CTP), on constate une résistance accrue lorsque la température augmente.

La relation entre la résistance et la température n'est pas linéaire (exponentielle)

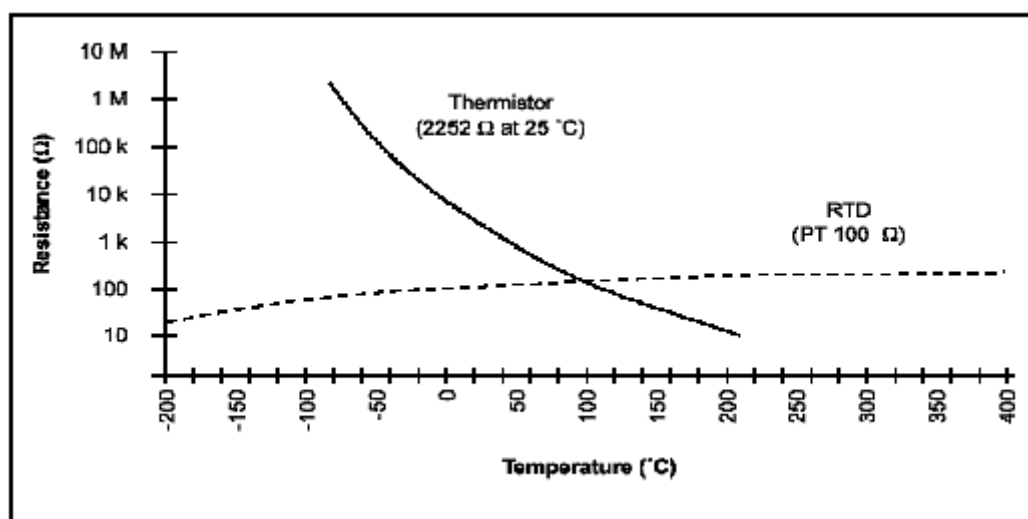


Figure n°5. Résistance en fonction de la température pour une thermistance et un RTD

3. Thermocouple



Figure n°6. Les thermocouples.

a. Avantages et inconvénients :

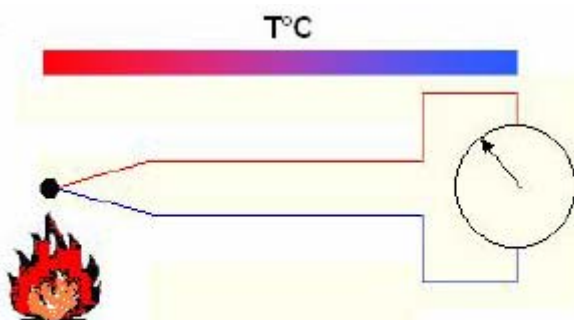
Les thermocouples sont les capteurs les plus souvent utilisés pour la mesure de températures, car ils sont relativement **peu onéreux, tout en étant précis**, et peuvent fonctionner sur **une large gamme de températures**.

Les thermocouples présentent **un taux de réponse rapide** (de l'ordre de la milliseconde)

b. Principe de fonctionnement :

Un conducteur génère une tension lorsqu'il est soumis à une variation de température ; cette tension thermoélectrique est appelée tension Seebeck.

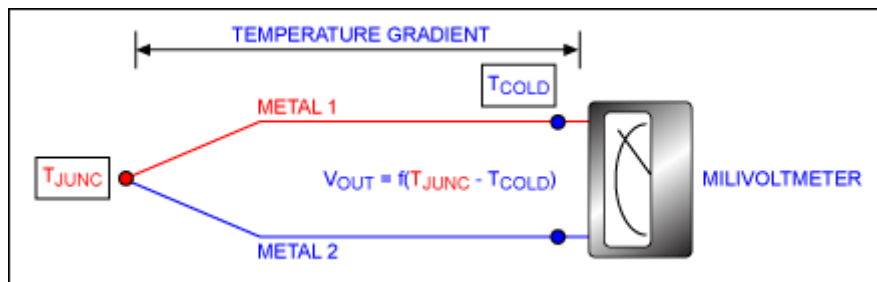
La mesure de cette tension nécessite l'utilisation d'un second matériau conducteur générant une tension différente pour une même variation de température (sinon la tension générée par le deuxième conducteur qui effectue la mesure annule tout simplement celle du premier conducteur).



En s'appuyant sur le principe de Seebeck, il est clair que les thermocouples ne peuvent mesurer que des différences de température entre le point de référence (soudure froide) et le point de mesure (soudure chaude).

Lycée CHEVROLLIER	BTS SN	Séance 2	10/10/2014	5 / 10
-------------------	--------	----------	------------	--------

Ceci nécessite que la température de référence soit connue.

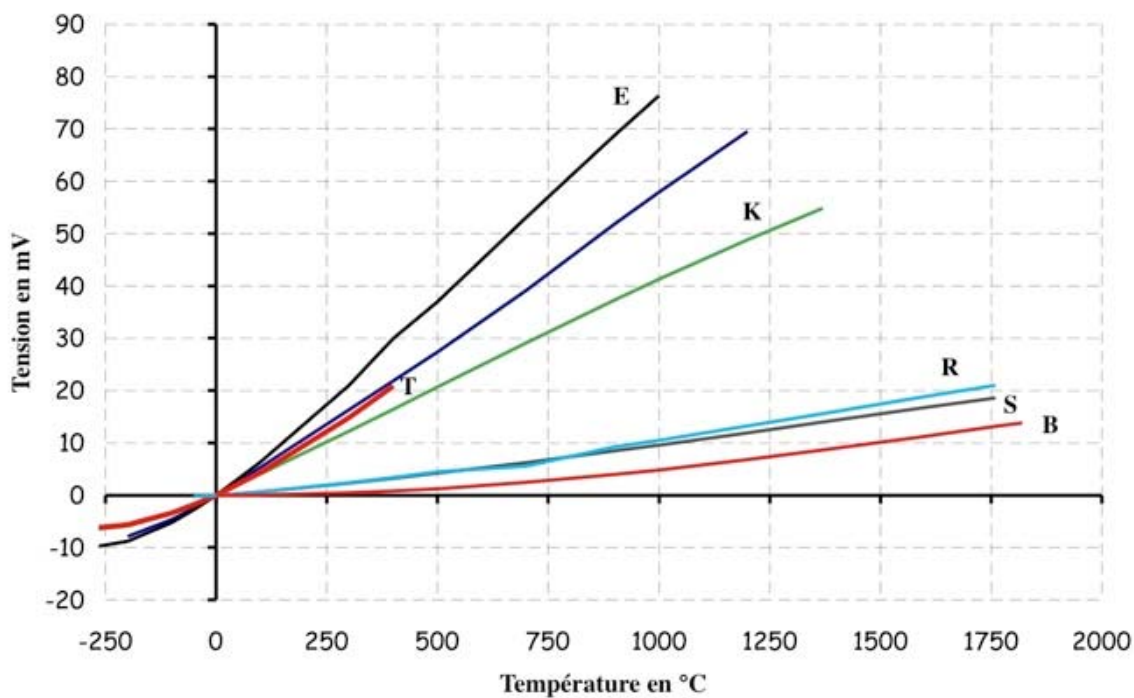


c. Allure des caractéristiques

Vous pouvez choisir parmi différents types de thermocouples désignés par des lettres majuscules qui indiquent leurs compositions selon les conventions ANSI (American National Standards Institute). Parmi les types de thermocouples courants, citons les B, E, J, K, N, R, S et T.

Type de thermocouple	Conducteurs – Positifs	Conducteurs – Négatifs
B	Platine rhodié à 30 %	Platine rhodié à 6 %
E	Alliage nickel/chrome	Alliage cuivre/nickel
J	Fer	Alliage cuivre/nickel
K	Alliage nickel/chrome	Alliage nickel/aluminium
N	Alliage nickel/chrome/silicone	Alliage nickel/silicone/magnésium
R	Platine rhodié à 13 %	Platine
S	Platine rhodié à 10 %	Platine
T	cuivre	Alliage cuivre/nickel

Tableau n°1. Compositions et lettres désignant les thermocouples normalisés



II. Choix du capteur de température

Les contraintes de mesures sont les suivantes :

- Mesure d'une température d'au moins 250°C
- Temps de réponse rapide : Il faut effectuer au moins 300 points de mesure en 5 minutes donc un temps de réponse inférieur à la seconde.

1. A partir des documents suivants (extrait de la documentation technique des composants) , déterminer :
 - La nature du composant.
 - La gamme des températures pouvant être mesurées.
 - Le temps de réponse du composant.
2. En déduire le capteur correspondant à nos contraintes de mesure.

Temperature measurement	B57863
Miniature sensors with bendable wires	S863

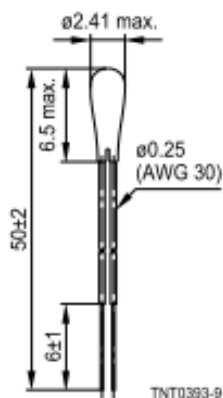
Applications

- Heating systems
- Industrial electronics
- Automotive electronics

Features

- Uni curve sensor
- Fast response
- High temperature accuracy between 0 °C and 70 °C
- Excellent long-term stability
- Epoxy resin encapsulation
- PTFE-insulated leads of silver-plated nickel wire, AWG 30
- UL approval (E69802)

Dimensional drawing



Delivery mode

Bulk

Dimensions in mm
Approx. weight 60 mg

General technical data

Climatic category	(IEC 60068-1)		55/155/56	
Max. power	(at 25 °C)	P_{25}	60	mW
Temperature tolerance	(0 ... 70 °C)	ΔT	$\pm 0.2, \pm 0.5$	K
Rated temperature		T_R	25	°C
Dissipation factor	(in air)	δ_{th}	approx. 1.5	mW/K
Thermal cooling time constant	(in air)	τ_c	approx. 15	s
Heat capacity		C_{th}	approx. 22.5	mJ/K

Electrical specification and ordering codes

R_{25} Ω	No. of R/T characteristic	$B_{25/100}$ K	Ordering code
3 k	8016	3988	B57863S0302+040
5 k	8016	3988	B57863S0502+040
10 k	8016	3988	B57863S0103+040
30 k	8018	3964	B57863S0303+040

+ = Temperature tolerance
F = ± 0.2 K
G = ± 0.5 K



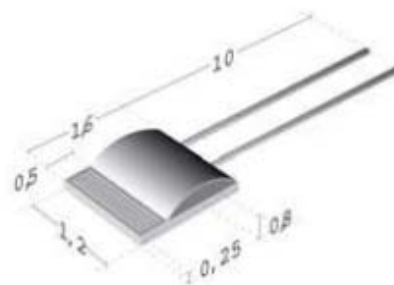
Platinum Temperature Sensors

6W – Product Series

Temperature Range: $-200^{\circ}\text{C} \dots +600^{\circ}\text{C}$

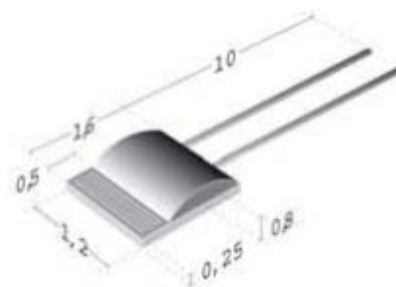
6W 161

Chip Dimensions, L x W:	1.6 x 1.2 mm	
Nominal Resistance at 0°C (ohm) :	100/500/1000	
Self Heating (mK):	Water (v= 0 m/s)	$\Delta T_w = 8.3$ at 0°C
	Air (v= 0 m/s)	$\Delta T_a = 56$ at 0°C
Response Time (s):	Water (v= 0.4 m/s)	$T_{0.5} = 0.05$ $T_{0.63} = 0.08$ $T_{0.9} = 0.18$
	Air (v= 1 m/s)	$T_{0.5} = 1$ $T_{0.63} = 1.2$ $T_{0.9} = 2.5$
Measuring Current (mA):	100 Ω : 1	
	500 Ω : 0.5	
	1000 Ω : 0.3	



7W 161

Chip Dimensions, L x W:	1.6 x 1.2 mm	
Nominal Resistance at 0°C (ohm) :	100/1000	
Self Heating (mK):	Water (v= 0 m/s)	$\Delta T_w = 8.3$ at 0°C
	Air (v= 0 m/s)	$\Delta T_a = 56$ at 0°C
Response Time (s):	Water (v= 0.4 m/s)	$T_{0.5} = 0.05$ $T_{0.63} = 0.08$ $T_{0.9} = 0.18$
	Air (v= 1 m/s)	$T_{0.5} = 1$ $T_{0.63} = 1.2$ $T_{0.9} = 2.5$
Measuring Current (mA):	100 Ω : 1	
	1000 Ω : 0.3	
Note:	Pure platinum wire, 0.2 mm diameter	



DATA SHEET

KA02 FINE WIRE (Fibre Glass) THERMOCOUPLE SENSOR

TYPE 'K'

FINE WIRE SENSOR - Type 'K'

Description

This sensor is constructed using a 1M length Fibre Glass wire constructed as a twisted pair. The wire used is Class 1 Type K alloys (NiCr / NiAl). A weld bead is manufactured at one end of the wire whilst the other end is terminated in a moulded miniature thermocouple plug.

Sensor Features

➤ **MOULDED PLUG**

The use of a moulded plug gives a robust construction as well as providing a waterproof termination.

➤ **HIGH ACCURACY THERMOCOUPLE MATERIAL THROUGHOUT**

Type 'K' Thermocouple : Class I (±0.15°C ±0.25%)

- **WIDE AMBIENT TEMPERATURE SPECIFICATION** : -50 TO 450 °C
- **TIME RESPONSE** (96% of value in moving gas) : 0.1 Secs
- **MEASUREMENT RANGE** : -50 TO 450 °C

Cross-reference for compatible instruments

Suitable instruments for use with this probe

TME PART No	DESCRIPTION	APPLICATION
MM2000	SINGLE INPUT INSTRUMENT	HIGH ACCURACY TEMPERATURE MEASUREMENT
MM2010	MAX / MIN HOLD INSTRUMENT	HIGH ACCURACY INSTRUMENT WITH MAX, MIN AND HOLD FEATURES
MM2020	DIFFERENTIAL INSTRUMENT	DUAL INPUT INSTRUMENT FOR DIFFERENTIAL MEASUREMENTS
MM2030	THERMOCOUPLE SIMULATOR	HIGH ACCURACY SIMULATOR WITH MEASUREMENT FACILITY