

# Table des matières

<b>1. PRÉSENTATION TECHNIQUE DU DISPOSITIF .....</b>	<b>2</b>
1.1. LA MESURE DE TEMPÉRATURE PAR SONDE MÉTALLIQUE.....	2
1.1.1. <i>Principe de fonctionnement</i> .....	2
1.1.2. <i>Limitations</i> .....	3
1.2. MESURE DE TEMPÉRATURE PAR THERMOCOUPLE .....	3
1.2.1. <i>Principe de fonctionnement</i> .....	3
1.2.2. <i>Limitations</i> .....	4
1.3. THERMISTANCE .....	4
<b>2. EXIGENCES TECHNIQUES .....</b>	<b>5</b>
<b>3. RETOUR D'EXPÉRIENCE .....</b>	<b>5</b>
<b>4. PRINCIPAUX CONSTRUCTEURS.....</b>	<b>6</b>
<b>5. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>6</b>

## 1. PRESENTATION TECHNIQUE DU DISPOSITIF

Deux grands types de capteurs permettent de mesurer les températures en continu:

- Les thermocouples,
- Les sondes métalliques.

La Figure 1 ci-dessous décrit un exemple classique de montage d'une mesure de température.

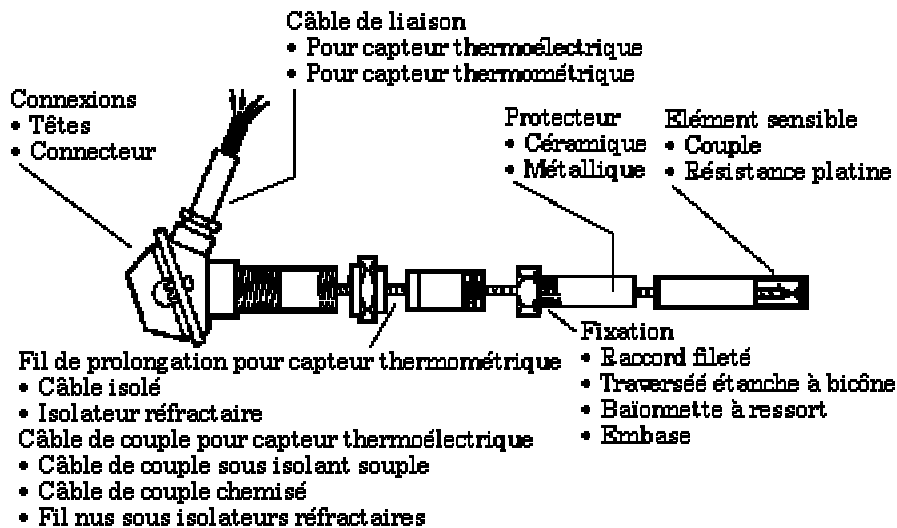


Figure 1 : Structure d'un capteur électrique (source : <http://perso.club-internet.fr/gatt/>).

### 1.1. LA MESURE DE TEMPERATURE PAR SONDE METALLIQUE

#### 1.1.1. Principe de fonctionnement

La résistance électrique d'un conducteur métallique croît avec la température. Les lois de variation étant très régulières, il est possible de les utiliser pour repérer les températures par des mesures de résistance. Cette variation est parfaitement réversible. On peut donc établir une relation entre la résistance  $R$  et la température  $T$  et ainsi relever  $T$  en mesurant  $R$ .

Différents métaux peuvent être utilisés comme le nickel et le cuivre mais c'est le platine qui est couramment utilisé car il offre l'étendue de mesure la plus grande (-250 à 1100 °C).

### 1.1.2. Limitations

Les limitations de cette technologie sont les suivantes :

- auto-échauffement par le courant de mesure qui doit rester faible ( $< 10\text{mA}$ ) et effet parasite des fils de jonction,
- mesure différentielle difficile,
- dimensions plus importantes que celles des couples thermoélectriques,
- prix assez élevé surtout pour l'appareil de mesure de la résistance,
- sensible à une contamination chimique à température élevée entraînant une dérive,
- recuits de stabilisation nécessaires lorsque la sonde subit des cycles thermiques,
- défauts d'isolement à haute température,
- non linéaire,
- particulière vigilance à l'étalonnage.

## 1.2. MESURE DE TEMPERATURE PAR THERMOCOUPLE

### 1.2.1. Principe de fonctionnement

Dans un circuit comportant deux conducteurs de nature différente il apparaît une force électromotrice lorsque la variation de température est appliquée entre les deux soudures du couple ainsi formé. Le générateur thermoélectrique fournit une différence de potentiel (ddp) directement exploitable à l'entrée d'un amplificateur. Cette ddp est fonction de la différence de température entre la jonction dite de mesure (appelée aussi soudure chaude) et celle de référence (appelée aussi soudure froide) supposée connue.

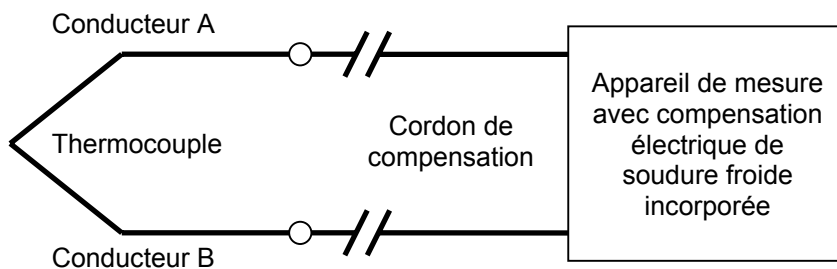


Figure 2 : exemple de montage d'un thermocouple

L'insertion d'un autre conducteur dans le circuit thermoélectrique ne modifie en rien la ddp entre les conducteurs A et B dès lors que les jonctions sont à une même température. Il est ainsi possible d'assurer la liaison entre un thermocouple et un instrument de mesure distant via un conducteur ordinaire (appelé **cordon de compensation**) de coût sensiblement moindre que les éléments constitutifs de A et de B.

Le principal intérêt des thermocouples résulte de la plage de température exploitable (un couple Pt/Pt-Rh peut être utilisé entre 0 et 1600K ) et leur bonne reproductibilité d'un capteur à l'autre

### **1.2.2. Limitations**

Les limitations de ce type de technologie sont les suivantes :

- instabilité par contamination et recristallisation au-delà de 1 500 K,
- défauts d'isolement au-delà de 1 800 K ou isolement difficile,
- non-linéarité,
- nécessité d'une correction automatique ou manuelle due à la température de la soudure froide,
- faible amplitude du signal.

### **1.3. THERMISTANCE**

#### **a) Technique**

Cette technique repose sur le principe de la variation de la résistance électrique d'un corps semi-conducteur. Sa sensibilité est dix fois supérieure à celle résistances de platine :

- encombrement très réduit < 0,1 mm,
- pas de problème de fils de jonction car les résistances à mesurer sont importantes (> 103Ω).

#### **b) Limitations**

Les inconvénients sont évidemment la non-linéarité, le coût très variable selon la tolérance demandée et la stabilité dans le temps (une thermistance stockée à 25°C dérive de 1% par an dans le meilleur des cas ce qui implique des réétalonnages fréquents des dispositifs les utilisant). De plus leur plage de température est limitée à 200°C et il est indispensable de tenir compte de l'échauffement dû à l'effet Joule dans les résultats).

## 2. EXIGENCES TECHNIQUES

---

Ces exigences techniques sont indiquées dans le document intitulé « *détermination des fonctions de sécurité et de leurs exigences techniques – identification des barrières techniques de sécurité* ».

Dans le document intitulé « *Présentation de la méthodologie pour l'identification des barrières techniques de sécurité et de leurs exigences techniques* », l'INERIS propose une grille permettant de définir les exigences techniques d'éléments de sécurité. Cette grille est à adapter au dispositif étudié.

## 3. RETOUR D'EXPERIENCE

---

Le tableau suivant présente différentes caractéristiques des sondes Pt100 et des principaux thermocouples :

	<b>Thermocouple</b>	<b>Résistance à sonde de platine</b>
Plage de température (limites pratiques)	Suivant type Type K : 0 – 1000°C Type J : -200 – 500°C	150°C à + 500°C
Dérive	0,5°C à 500°C en 1000 heures	1°C à 650°C en 6000 heures
	9°C à 1000°C	
Temps de réponse	de l'ordre du milliseconde à quelques secondes	Quelques dizaines de secondes
Avantage	Interchangeables	Précision
	Mesures différentielles	Rapidité
	Mesures de surface par soudure	sensibilité
	Reproductibilité – Robuste	Stabilité à long terme
Inconvénients	Non linéaire	Non linéaire
	Correction de soudure froide	Coût – moins adapté au milieu vibratoire

## **4. PRINCIPAUX CONSTRUCTEURS**

---

Les fournisseurs de capteurs de températures sont plus d'une centaine. On peut trouver leurs coordonnées sur des sites internet :

- <http://www.mesure-expo.com/html/temphumi.htm>
- <http://www.kompass.fr>

## **5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

Techniques de l'ingénieur : R 2 515 : Mesure des températures

R 2 570 : Thermomètres à résistance métallique

R 2 520 : Étalonnage et vérification des thermomètres

R 2 590 : Couples thermoélectriques

Ressources internet sur le fonctionnement des capteurs :

- Site d'un professeur en BTS CIRA : <http://perso.club-internet.fr/gatt/>
- Site sur les capteurs par ancien chercheur CNRS : <http://perso.wanadoo.fr/michel.hubin/>
- Site américain : <http://www.temperatures.com> (beaucoup d'information mais attention les normes américaines et françaises sont différentes).