

APPELLATION ISA	MATÉRIAUX DE JONCTION	GAMME DE TEMPÉRATURE NOMINALE °C	ATMOSPHÈRE RECOMMANDÉE	CARACTÉRISTIQUES
B	Platine - 30% Rhodium/ Platine - 6% Rhodium	0 à 1820	Inerte ou oxydante	Facilement contaminé. Utiliser sous gaine non métallique, sans silicates
E	Nickel - 10% Chrome/ Cuivre-Nickel	- 270 à 1000	Vide, inerte ou oxydante	FEM la plus élevée - Dérive plus importante que les autres jonctions métalliques
J	Fer/Cupro-Nickel	- 210 à 760	Vide, inerte, oxydante ou réductrice	Peut rouiller ou devenir fragile à basse température
K	Nickel - 10% Chrome/Nickel - 5% Aluminium et/ou Silicium	- 270 à 1372	Inerte ou oxydante	Le plus linéaire. Vie réduite sous atmosphère légèrement oxydante
R	Platine - 13% Rhodium/ Platine	- 50 à 1768	Inerte ou oxydante	Bonne linéarité à haute température, taille réduite, réponse rapide. Facilement contaminé- utiliser sous gaine.
S	Platine - 10% Rhodium/ Platine	- 50 à 1768	Inerte ou oxydante	Comme le type R
T	Cuivre/Cupro-Nickel	- 270 à 400	Vide, inerte, oxydante ou réductrice	Bon à très basse température . Employé à cause de sa résistance à la corrosion supérieure. Gamme réduite.
-	Tungstène/ Tungstène - 28% Rhénium	- 18 à 2315	Inerte ou vide	Bonne linéarité à haute température, fragile, délicat à manier.
-	Tungstène - 6% Rhénium/ Tungstène- 26% Rhénium	- 18 à 2315	Inerte ou vide	Bonne linéarité à haute température, légèrement moins fragile que le précédent.

1. TEMPERATURE DE REFERENCE D' UN THERMOCOUPLE :

La mesure de la température à l'aide d'un thermocouple nécessite que la température de la jonction de référence soit parfaitement connue, en effet toute incertitude sur la valeur de T_{ref} entraîne une incertitude sur la température mesurée. Plusieurs méthodes sont utilisées pour maintenir cette température constante à 0°C .

- **La méthode du pont électrique :**

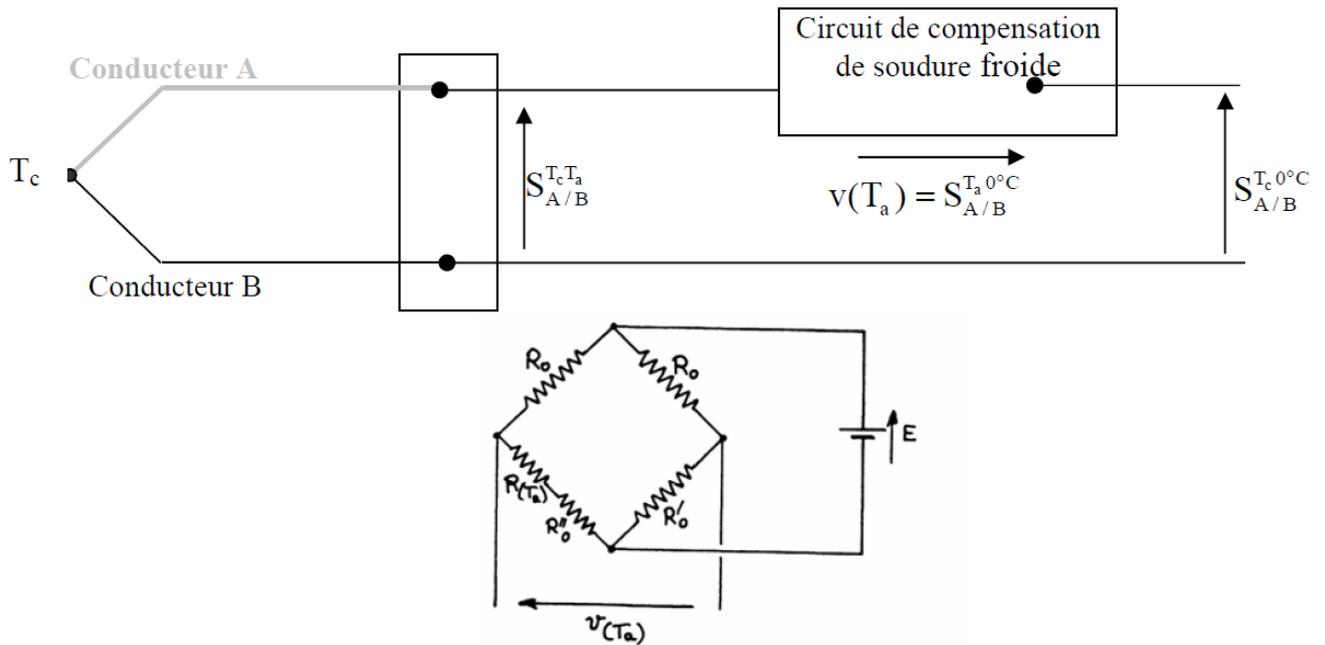
Il est possible de maintenir la température de référence à 0°C par l'intermédiaire de circuits électriques, appelés circuits de correction de la soudure froide.

Si on connaît la température ambiante T_a à l'instant de la mesure, et T_c étant la température à mesurer, on peut écrire :

$$S_{A/B}^{T_c 0^{\circ}\text{C}} = S_{A/B}^{T_c T_a} + S_{A/B}^{T_a 0^{\circ}\text{C}}$$

Le circuit de correction de la soudure froide est tel qu'il délivre automatiquement une tension $v(T_a)$ qui est égale à $S_{A/B}^{T_a 0^\circ C}$. Cette f.e.m, ajoutée à la f.e.m $S_{A/B}^{T_c T_a}$ du thermocouple A/B, permet de mesurer la f.e.m $S_{A/B}^{T_a 0^\circ C}$ aux bornes du circuit de mesure.

La tension $v(T_a)$ est déterminée à partir de la résistance $R(T_a)$ d'un capteur de température à résistance maintenu à température ambiante, le dispositif utilisé est le pont de Wheatstone. Le montage de principe est présenté sur la figure suivante.



Le pont de Wheatstone permet la correction de la soudure froide pour des variations de la température ambiante autour de $0^\circ C$. Les résistances R_0 , R_0' et R_0'' ne dépendent pas de la température alors que la résistance $R(T_a)$ du capteur en est une fonction linéaire, dont le coefficient est sa sensibilité thermique α_R .

Le pont est équilibré à $0^\circ C$, à la température T_a sa tension de déséquilibre a pour expression :

$$v(T_a) = E \frac{R_0 (R_0' - R_0'')}{(R_0 + R_0')^2} \alpha_R T_a$$

Les valeurs numériques des composants du pont sont choisies de manière à assurer :

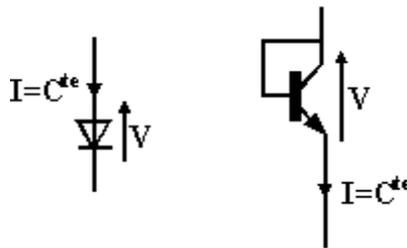
$$E \frac{R_0 (R_0' - R_0'')}{(R_0 + R_0')^2} \alpha_R T_a = S_{A/B}^{T_a, 0^\circ C}$$

En supposant que la sensibilité du thermocouple est constante dans la plage de variation de T_a on obtient :

$$S = E \frac{R_0 (R_0' - R_0'')}{(R_0 + R_0')^2} \alpha_R$$

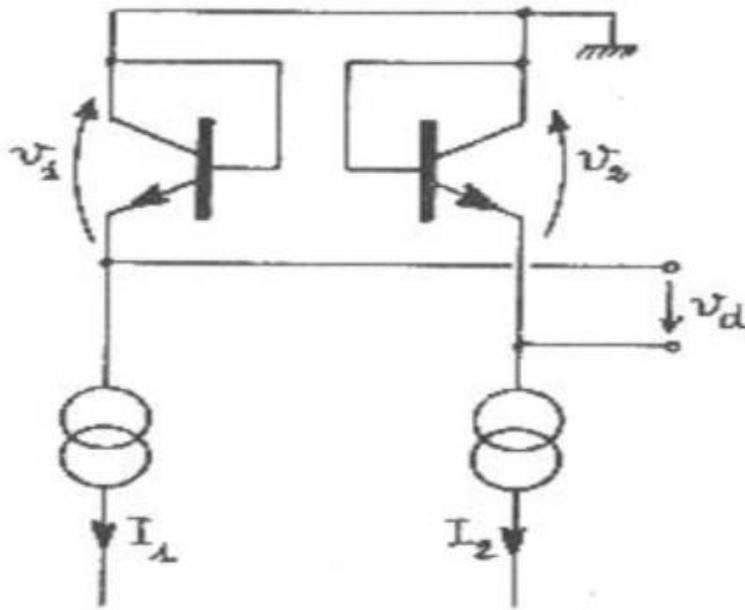
2. THERMOMETRIE PAR DIODE ET TRANSISTOR

Les composants utilisés, diodes ou transistors au silicium montés en diode (base et collecteur reliés), sont alimentés dans le sens direct à courant constant : la tension à leurs bornes qui est en fonction de la température peut donc être la grandeur électrique de sortie du capteur de température qu'il constitue :



a) diode, b) transistor monté en diode

La sensibilité thermique S d'une diode ou d'un transistor monté en diode est voisine de $-2,5\text{mV}/^\circ\text{C}$. Cette sensibilité dépend du courant inverse, ce dernier peut varier de façon importante d'un composant à l'autre. Domaine d'utilisation -50°C à 150°C .



transistors appairés montés en diodes

Le courant I est lié à la tension V par la relation :

$$I = I_0 \cdot \left(\exp\left(\frac{qV}{kT}\right) - 1 \right)$$

Où :

I_0 : courant de saturation de la diode

T : température absolue (en Kelvin)

K : constante de Boltzman $K=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$

q : charge de l'électron.

En polarisation directe de la diode ($I \gg I_0$) se ramène à :

$$I = I_0 \cdot \left(\exp\left(\frac{qV}{kT}\right) \right)$$

On obtient l'expression de tension aux bornes de diode :

$$v = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Pour le montage de transistors appairés montés en diodes :

$$v_1 = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{I_1}{I_0}\right)$$

$$v_2 = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{I_2}{I_0}\right)$$

$$v_d = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$$

A condition de choisir des courants différents (un rapport deux est généralement utilisé).

Avantages :

- Bonne sensibilité thermique
- Excellente stabilité thermique dans leur domaine
- Linéarité.

Inconvénients :

- Plage de température -50°C à 150°C

• **Capteur de température intégré :**

On trouve des capteurs intégrés compensés. Ces derniers ont une alimentation et une sortie délivrant un signal proportionnel à la température. On trouve des capteurs qui intègrent une communication en courant avec l'alimentation. Ainsi une paire torsadé suffit à alimenter le capteur et à récupérer l'information en température.