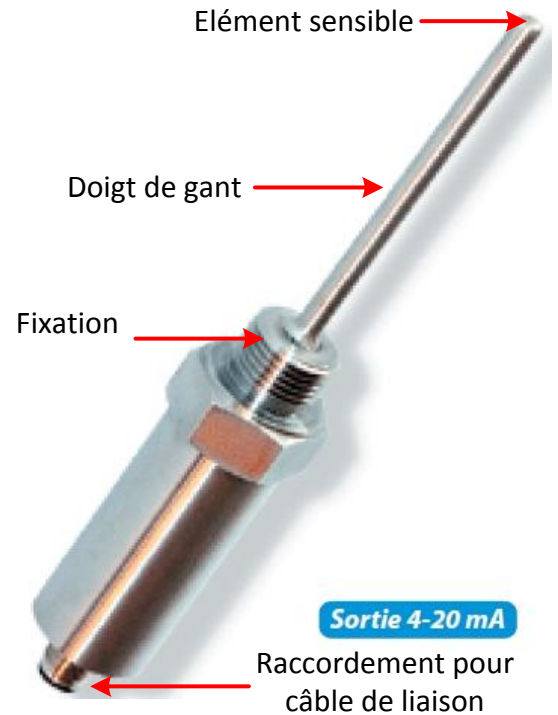


NOM :	Capteurs industriels analogiques	DATE :
PRÉNOM :		PAGE : 1
CLASSE :		

## 1) Mesure de température :

Les mesureurs de température analogiques transforment la température d'un fluide ou d'une enceinte en un signal 0/10V, 4-20mA...

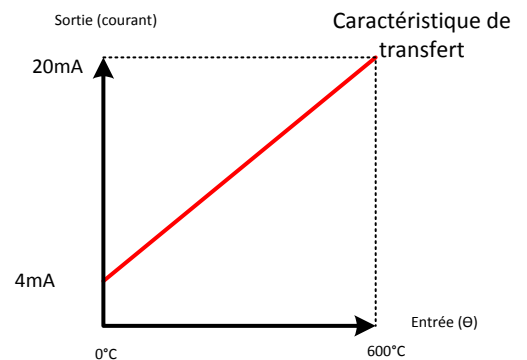
Ils utilisent une sonde à résistance (Pt100) ou un thermocouple (TC) comme élément sensible.



**Exemple :** Transmetteur de température intégré dans les sondes (Endress & Hauser)



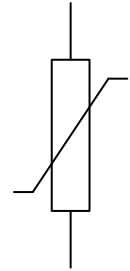
- Entrée : Pt 100 ou TC
- Plage de fonctionnement : 0 à 600°C
- Type de sortie : 4-20mA



### 1.1 Sondes à résistance métallique

Une sonde à résistance métallique utilise la propriété de la variation de la résistivité du métal avec la température. La plus connue est la sonde Pt100, ainsi appelée car sa résistance est réalisée avec du platine (Pt) et vaut 100 ohms à 0°C.

**Symbole**

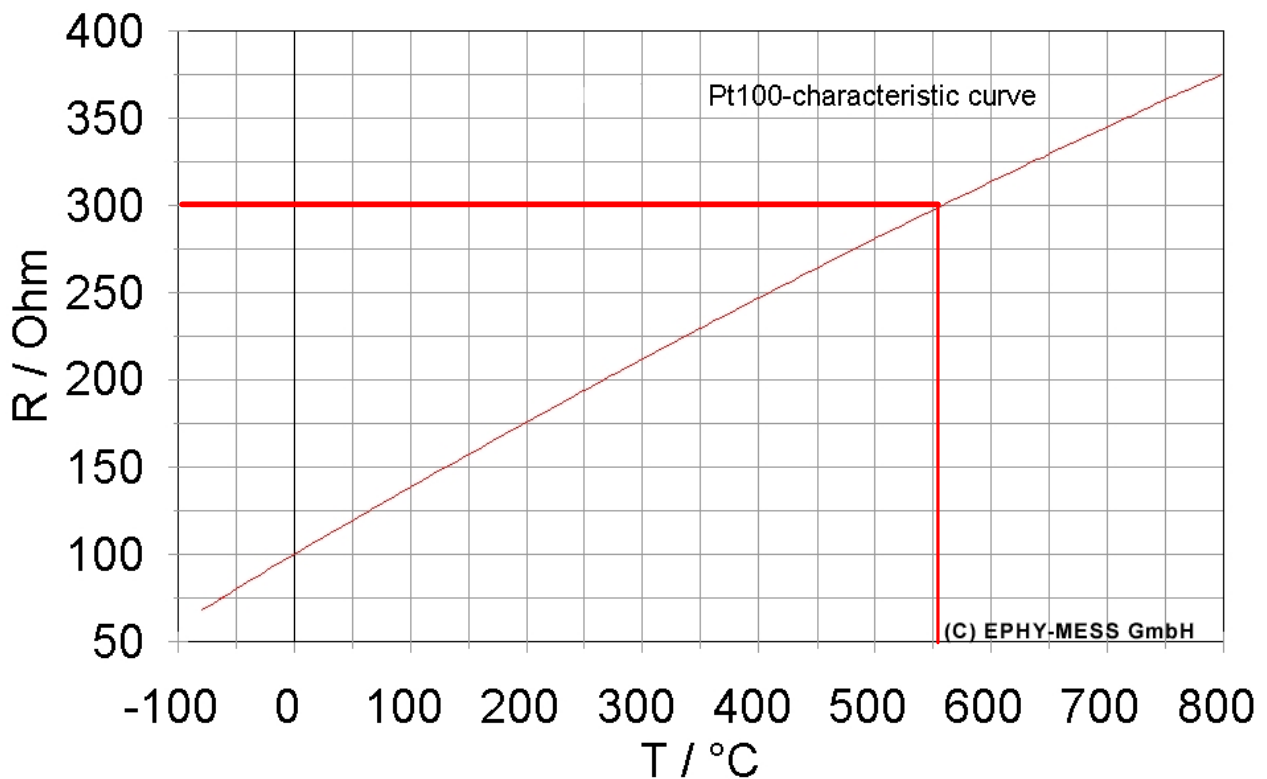


La résistance électrique d'une sonde Pt100 varie (pratiquement) linéairement avec la température selon la relation simplifiée suivante:

$$R\theta \approx R0 \times (1 + \alpha \times \theta)$$

Avec  $\alpha = 3,850 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  (selon la norme DIN 43760)  
Et  $R0 = 100 \text{ } \Omega$

Pt-100 courbe caractéristique  
Plage de température: -100 ... 800 °C



**Application 1** : Calculez la température du fluide lorsque la sonde PT100 présente une résistance de 300Ω.

$$R\theta = R0 \times (1 + \alpha \times \theta) ; R\theta/R0 = 1 + \alpha \times \theta ; (R\theta/R0) - 1 = \alpha \times \theta \text{ donc } \theta = ((R\theta/R0) - 1)/\alpha$$

$$\theta = ((300/100) - 1)/3,850 \times 10^{-3} = 519,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

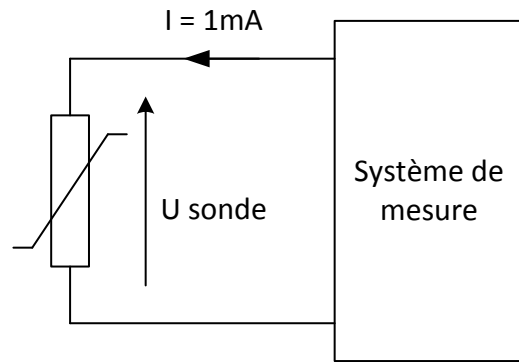
La température trouvée est-elle cohérente avec la caractéristique de la sonde Pt100 ?

Oui  Non

Justifiez : **Car la caractéristique n'est pas linéaire.**

**Principe de la mesure :**

Le système de mesure injecte un courant de 1 mA dans la sonde Pt100 et mesure la tension à ses bornes.



Les conducteurs de la liaison sonde – instrument de mesure, introduisant des erreurs de mesure, trois montages sont utilisés, selon la précision souhaitée.

	Le plus simple	Le plus utilisé	Le plus précis
Montage	2 fils	3 fils	4 fils
Principe			
Précision	Mauvaise	Bonne	Très bonne
Liaison	Faible longueur	Moyenne longueur	Grande longueur

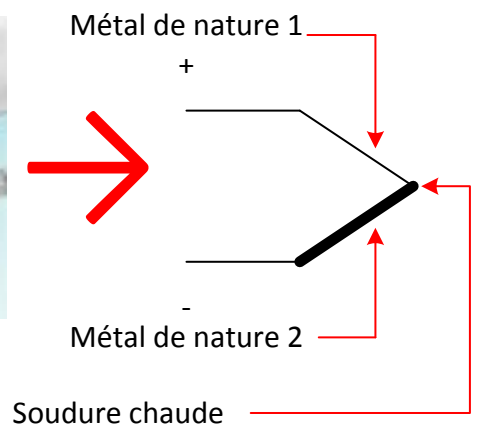
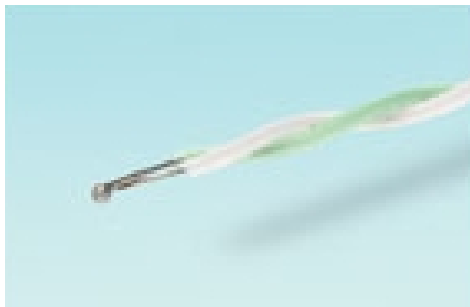
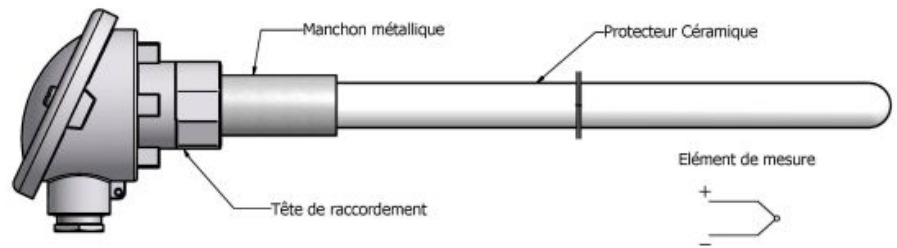
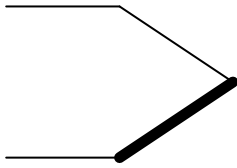
Les Pt100 sont des sondes très utilisées dans l'industrie car elles sont simples à mettre en œuvre précises (montage 3 et 4 fils) et économiques.

## 1.2 Sondes à thermocouple

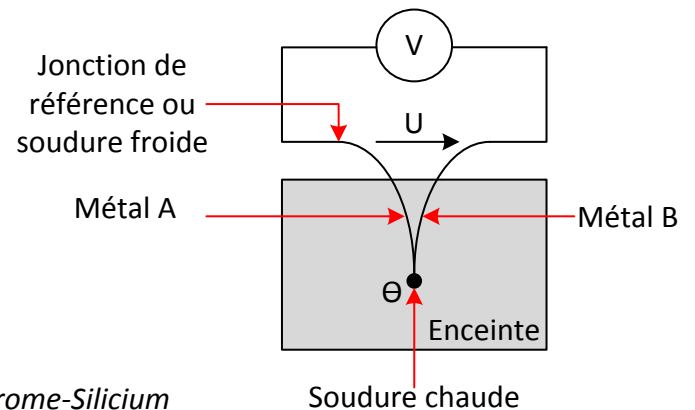
Un thermocouple est une sonde constituée par la soudure de deux conducteurs de matériaux différents. Cette soudure est mise en contact avec l'élément à mesurer.



### Symbole



Un thermocouple produit une force électromotrice (fem) liée à la différence de température à laquelle sont soumises la soudure chaude et la soudure froide.



### Caractéristiques des thermocouples les plus utilisés :

*Fe* : Fer ; *Cu-Ni* : Cuivre-Nickel ; *Ni-Cr* : Nickel-Chrome

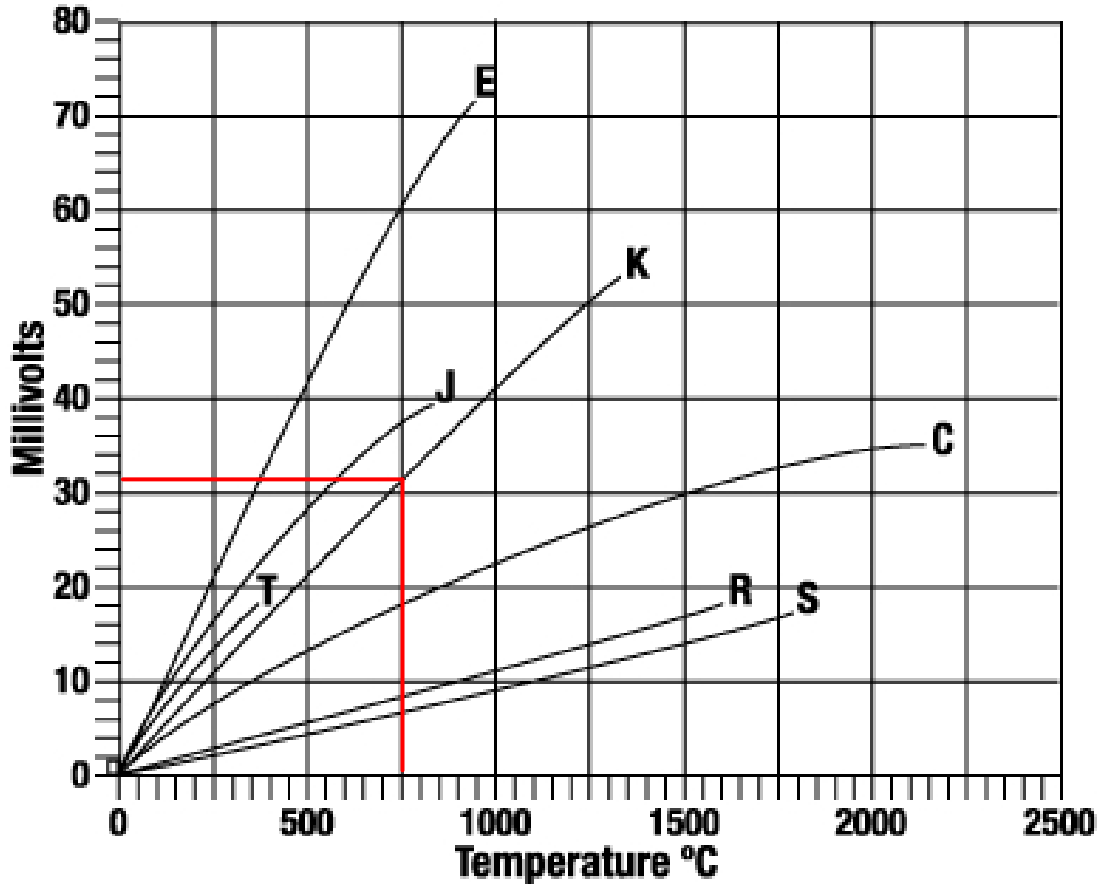
*Ni-Al* : Nickel-Aluminium ; *Cu* : Cuivre ; *Ni-Cr-Si* : Nickel-Chrome-Silicium

*Ni-Si* : Nickel-Silicium

### Tableau synthétique des thermocouples

METAUX COMMUNS					
Symbole	Combinaison	Polarité	Couleur gaine	Couleur fils	Domaine* de T°C des conducteurs
J	Fe	+	Noir	Noir	-210 / +1200
	Cu-Ni	-		Blanc	
K	Ni-Cr	+	Vert	Vert	-270 / +1370
	Ni-Al	-		Blanc	
T	Cu	+	Marron	Marron	-270 / +400
	Cu-Ni	-		Blanc	
E	Ni-Cr	+	Violet	Violet	-270 / +1000
	Cu-Ni	-		Blanc	
N	Ni-Cr-Si	+	Mauve	Mauve	-270 / +1300
	Ni-Si	-		Blanc	

Force électromotrice produite selon la composition du thermocouple :



**Application 2 :**

Quel est le symbole du thermocouple ci-contre ? **K**



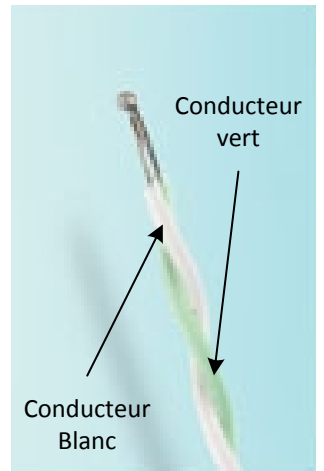
Justifiez : **Car les couleurs utilisées pour les conducteurs sont vert et blanc.**

Indiquer le matériau de chaque conducteur :

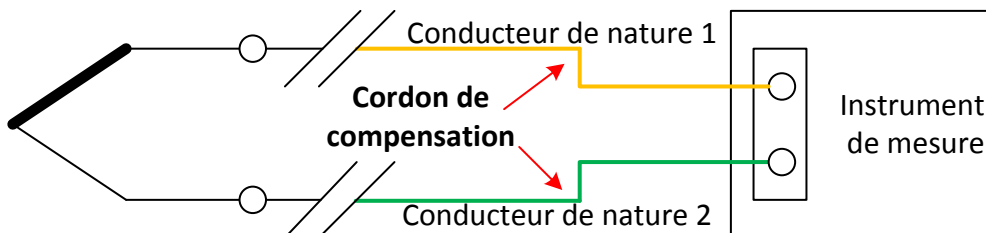
**(+) Nickel-Chrome (Ni-Cr) et (-) Nickel-aluminium (Ni-Al)**

Déterminer la fem produite lorsque la différence de température entre la soudure chaude et la soudure froide est égale à 750°C :

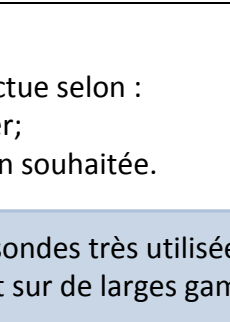
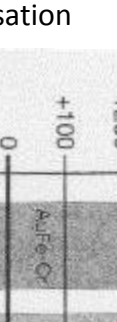
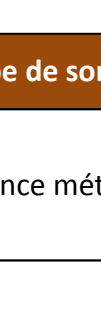
**Environ 32 mV**



**Compensation** : lorsque le thermocouple est éloigné de l'instrument de mesure , l'utilisation de conducteurs ordinaires (cuivre) pour réaliser les raccordements peut engendrer des erreurs. Pour éviter ces erreurs , on réalise la liaison avec un cordon de compensation utilisant des conducteurs spécifiques selon le type de sonde.



**Protection** : les thermocouples peuvent être protégé ou non par un doigt de gant. Le thermocouple peut dans certains cas être connecté à la masse par l'intermédiaire de la protection

Désignation	SCA (Apparente)	SCI (Isolée)	SCM (Masse)
montage			
Caractéristique de la sonde	Thermocouple sans protection	Thermocouple protégé et isolé	Thermocouple protégé et en contact avec la masse

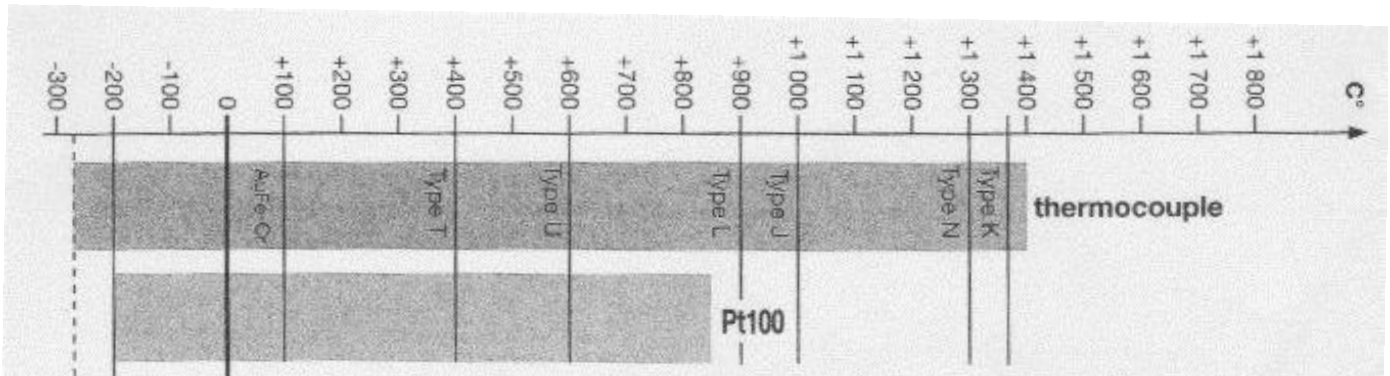
Le **choix d'un thermocouple** s'effectue selon :

- la plage de température à mesurer;
- le milieu de mesure et la précision souhaitée.

Les thermocouples sont des sondes très utilisées dans l'industrie car ils sont robustes, précis, économiques et fonctionnent sur de larges gammes de température.

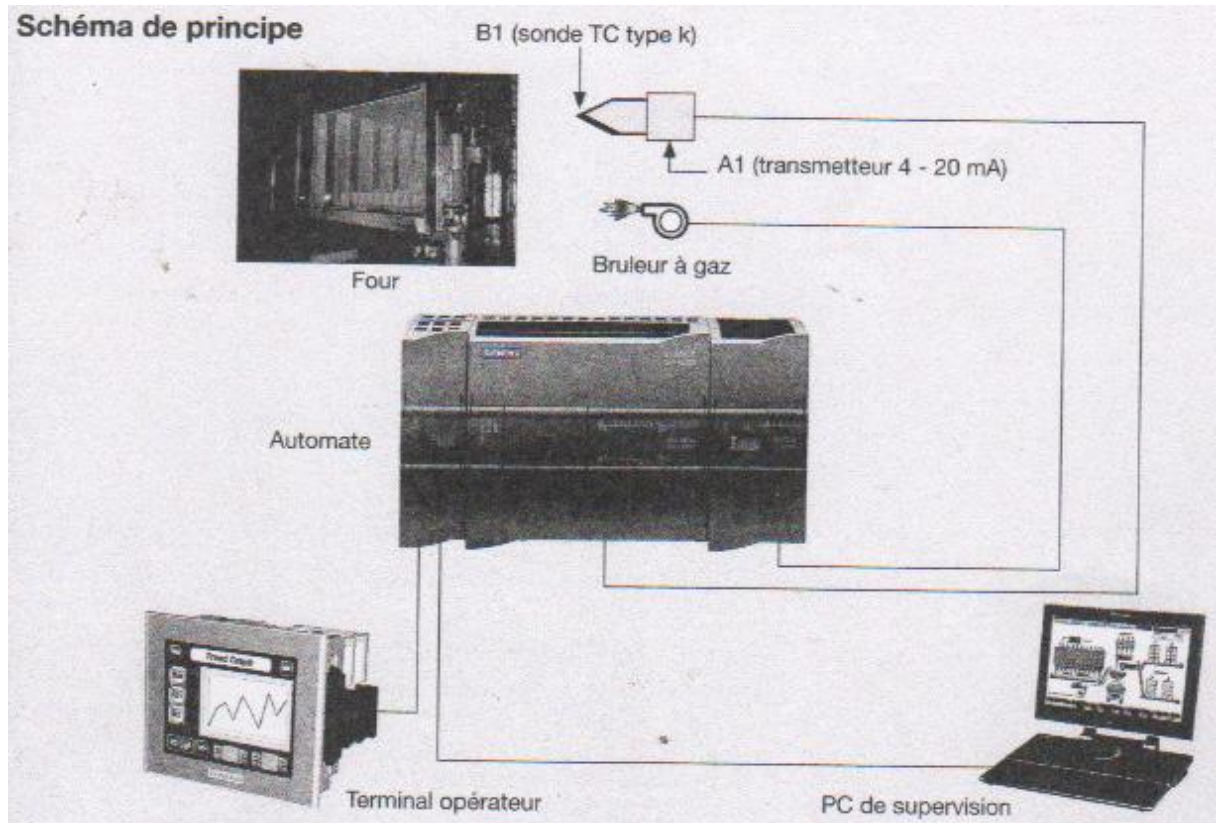
### 1.3 Bilan des capteurs de température

Domaine d'utilisation



Type de sonde	Avantages	Inconvénients
Résistance métallique	Durée de vie (6000 h) précision Pratiquement linéaire	Plage de mesure moins grande que les thermocouples
Thermocouple	Grande plage de mesure réaction rapide	Durée de vie (1000h) Non linéaire gestion de la soudure froide

### Application 3 : Contrôle de la température d'un four industriel



**Extraits du cahier des charges :**

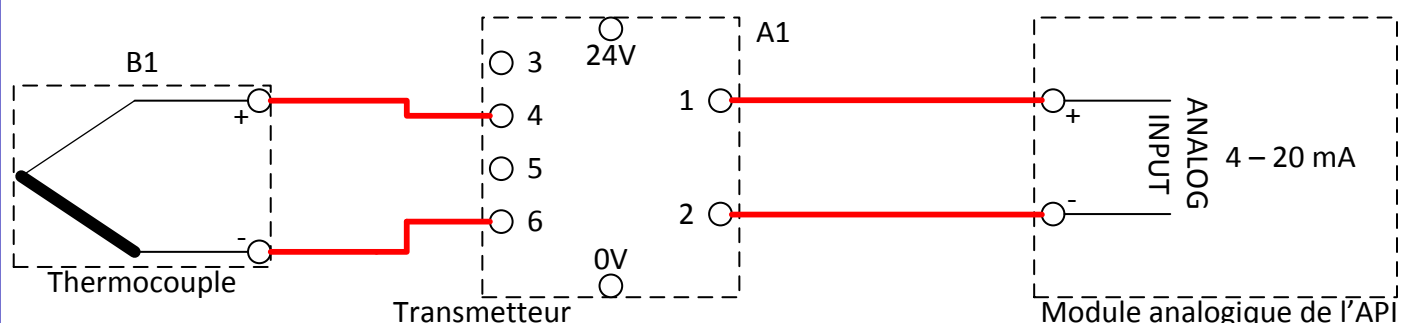
- Installations hors zone Ex (zone explosive).
- Température de fonctionnement du four : 1100 °C.
- Transmetteur de mesure intégré à la sonde à réglage spécifique pour les thermocouples et étalonné par Endress & Hauser.

**Choix du transmetteur de mesure**

A l'aide de la documentation technique de la page suivante et du cours, déterminer et justifier le choix de chaque critère.

- Agrément: **(A) version pour zone non Ex.**
- Type de raccordement : **(1) pour utilisation d'un thermocouple.**
- Type de sonde : **(Type K) précisé sur le schéma de principe; plage d'utilisation (-200°...1372°C)**
- Réglage: **(C) réglage spécifique pour thermocouple**
- Marquage : **(B) étalonné par Endress & Hauser**
- Référence : **TMT 181-A1KCB**

**Mise en œuvre :** Complétez le schéma afin qu'il réponde au cahier des charges.





## Documentation constructeur (Endress + Hauser)

### Transmetteur de température ITEMP PCP TMT 181

#### Certificats, agréments

- A - Version pour zone non Ex
- B - ATEX II 1 G EEx ia IIC T6/5/4
- C - FM IS, Classe I, Div. 1+2, Groupe A, B, C, D
- D - CSA IS, Classe I, Div. 1+2, Groupe A, B, C, D
- E - ATEX II 3G EEx nA IIC T4/T5/T6
- F - ATEX II 3D
- G - ATEX II 1G EEx ia IIC T6, II 3D
- H - ATEX II 3G EEx nA IIC T6, II 3D

#### Type de raccordement

- 3 - thermorésistance 3 fils
- 4 - thermorésistance 4 fils
- 2 - thermorésistance 2 fils
- 1 - thermocouple (TC)

#### Type de sonde

- 1 - Pt100 (-200 °C. ...850 °C., min. . 10 K)
- 2 - Ni100 (-60 °C. ...180 °C., min. . 10 K)
- B - Type B (0 °C ...1820 °C., min. 500 K)
- E - Type E (-200 °C. ...915 °C., min. . 50 K)
- J - Type J (-200 °C ...1200 °C., min. . 50 K)
- K - Type K (-200 °C ...1372 °C., min. . 50 K)
- N - Type N (-270 °C ...1300 °C., min. . 50 K)
- R - Type R (0 °C ...1768 °C., min. 500 K)
- S - Type S (0 °C ...1768 °C., min. 500 K)
- T - Type T (-200 °C. ...400 °C., min. . 50 K)

#### Réglage

- A - Réglage standard (Pt100/3fils/0-100°C)
- B - Gamme de mesure spécifique au client
- C - Réglage spécifique pour TC  
(voir Questionnaire)
- D - Réglage spécifique pour RTD  
(voir Questionnaire)

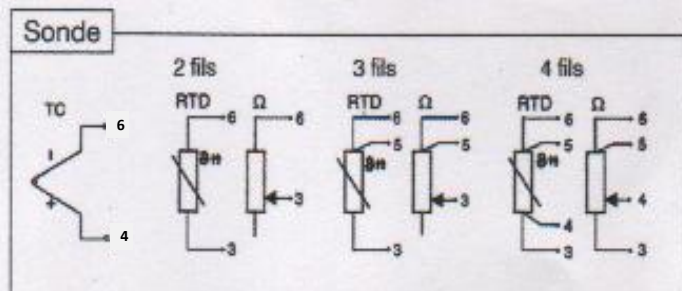
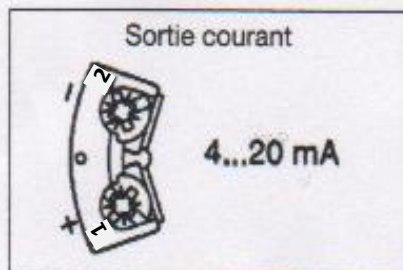
#### Marquage

- A - Exécution standard
- B - Certificat d'étalonnage en usine,  
6 points de test

• Compléter  
la référence →

TMT 181-      ← Réf. de commande complète

### Raccordement transmetteur de mesure

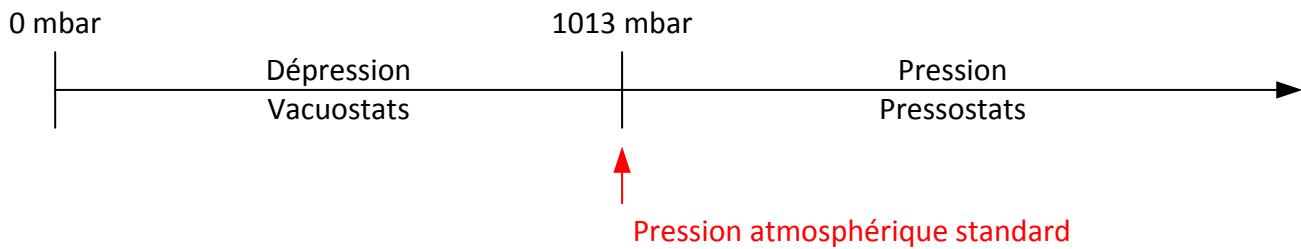




## 2) Mesure de pression des fluides :

La pression ( $p$ ) est une grandeur physique ( $p=F/S$ ) mesurée en pascals (Pa) mais le bar (bar) unité encore largement utilisée, ainsi que le millibar (mbar), 1 bar = 100 000 Pa.

### Domaine d'utilisation des capteurs de pression



#### 2.1 Pressostats

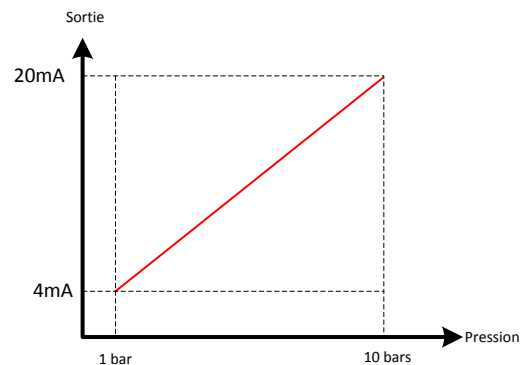
Les pressostats transforment la pression d'un fluide en un signal électrique standard.

Exemple : Pressostat Schneider Electric.



Type de sortie : 4 -20 mA  
 Indice de protection : IP 65  
 Température d'utilisation : -15 °C à +80°C

Exemple de caractéristique de sortie  
 Plage de fonctionnement : 1 à 10 bars  
 Type de sortie: 4-20 mA

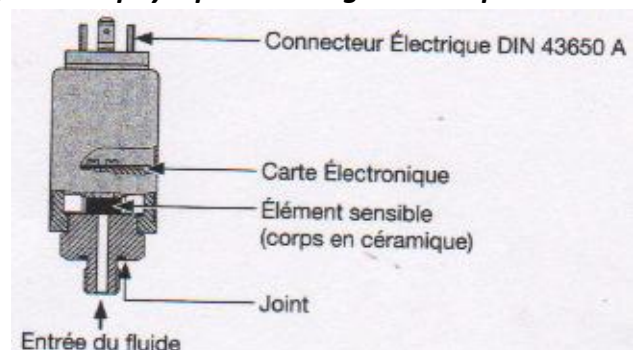


La pression exerce une force sur l'élément sensible qui se déforme. Le transducteur\* fournit l'information au circuit électronique qui la traduit en un signal électrique.

**\*Transducteur : Élément qui convertit une grandeur physique en énergie électrique.**

Le choix d'un capteur de pression s'effectue selon :

- Le type et la température du fluide,
- La plage de réglage,
- La nature du signal de sortie,
- La tension d'alimentation,
- L'indice de protection.



**2.2 Vacuostats** : Ils fonctionnent sur le même principe que les pressostats.