

Guide de sélection des thermocouples

Il existe de nombreux capteurs pour effectuer une mesure de température et le thermocouple est sûrement le produit le plus couramment utilisé dans l'industrie car il offre une bonne précision tout en restant économique.

Etant donné la multitude de variantes, de formes, de tube de protection il n'est pas toujours simple de faire un choix par rapport aux produits à utiliser.

Plusieurs critères vont devoir être pris en compte lors du choix de votre thermocouple. Ceux-ci sont essentiellement liés à l'environnement, à la précision attendue et surtout à la température d'utilisation.

Il existe de nombreux types de thermocouples mais 8 types sont majoritairement utilisés en nos ateliers.

TYPE	Alliages utilisés	En montage sous perle céramique (gaine rigide)	En version chemisée avec une gaine externe et un isolant en MgO (gaine souple)
T	Cuivre (+) Constantan (-)	Le type T peut être aussi bien utilisé dans une atmosphère oxydante que réductrice Sa stabilité à basse température permet d'avoir une meilleure précision Il est recommandé pour la très basse température : cryogénie Utilisation recommandée de : -200° à 350°C	Le type T est utilisé entre -40° à 350°C et il est très stable pour les applications de mesures de basse température et la cryogénie. Lorsqu'il est utilisé en dessous de 0°C il faut vérifier que la gaine externe soit compatible
K	Chromel (+) Alumel (-)	Le type K est intensivement utilisé à des températures allant jusqu'à 1200°C car il est fiable et précis. Il est recommandé de protéger ce thermocouple avec un tube métallique ou un tube en céramique / alumine spécialement en atmosphère réductrice (présence de gaz carbonique). En atmosphère oxydante (exemple : un four électrique , présence d'oxygène), la protection n'est pas nécessaire. Le type K aura généralement une durée de vie plus longue que le type J qui va s'oxyder plus rapidement (spécialement à hautes températures) Utilisation recommandée de : -40° à 1200°C	Le type K est utilisé entre -40° et 1200°C . Pour une température de mesure située entre 315° et 600°C, nous recommandons le type J ou N, car une instabilité de la structure des alliages internes va causer une dérive de +2° environ après quelques heures d'utilisation. Le type K est également une bonne solution pour des environnements nucléaires.
N	Nicrosil (+) Nisil (-)	Le type N est principalement utilisé à haute température jusqu'à 1250°C. Il offre une meilleure résistance à l'oxydation à haute température et un temps d'utilisation plus long dans les applications où il y a une présence de soufre. Il n'a pas comme le type K un problème de vieillissement prématuré.	Le type N est utilisé entre 0° et 1250°C.. Il est très stable dans le temps et ne présente pas de dérive à haute température. Son utilisation à haute température implique l'utilisation de gaine en Pyrosil, Alloy TD ou Microbel. Le type N est particulièrement recommandé pour les applications nucléaires.

		Utilisation recommandée de : -40 à 1250°C	
J	Fer (+) Constantan (-)	Le type J peut être utilisé, protégé ou non protégé sous réserve d'absence d'oxygène. Une protection évitera son oxydation et allongera donc sa durée de vie. Le conducteur positif étant en fer il s'oxydera rapidement au-dessus de 540°C. En utilisant simplement un conducteur de plus gros diamètre on pourra augmenter sa longévité. Utilisation recommandée de : -40 à 750°C.	Le type J est utilisé entre -40° et 750°C . Le type J est stable entre 0 et 538°C par rapport au type E et K (dérivent associée au vieillissement) Ce type de thermocouple très économique est essentiellement proposé avec une gaine en acier inoxydable.
E	Chromel (+) Constantan (-)	Moins couramment utilisé le thermocouple de type E est pourtant un bon choix pour les températures jusqu'à 900°C Il est recommandé pour les applications sous vide, gaz inerte, modérément oxydante ou réductrice. Pour les applications cryogéniques, il n'est pas sujet à la corrosion. Le type E génère un signal de tension supérieur à tous les autres types de thermocouple. Utilisation recommandée de : -40 à 800°C.	Le type E est utilisé entre 0° et 900°C. Pour une température de mesure située entre 315° et 600°C , le type J ou N est mieux adapté (dérive associée au vieillissement).
R	Pt 13% Rh (+)	Ces thermocouples sont destinés aux températures élevés	Du fait de la haute température d'utilisation de ces thermocouples, la gaine métallique externe va souvent être un frein à l'utilisation. Néanmoins ces produits sont proposés avec des gaines en Inconel ou platine (très coûteux) pour le type S essentiellement Utilisation recommandée de : Type S 0 à 1250°C.
S	Pt (-) Pt 10% Rh (+)	Utilisation recommandée de : Type S ou R : 0 à 1600°C Type B : 0 à 1700°C.	
B	Pt (-) Pt 30% Rh (+) Pt 6% Rh (-)	Ces thermocouples se contaminent facilement, il ne faut donc pas les utiliser en atmosphère réductrice. Ces thermocouples à métaux nobles doivent de préférence être protégés par un tube céramique (Alumine) ou par un tube externe métallique en dessous de 1200°C.	

Classe de précision : ce que dit la norme ?

TYPE	Valeur de tolérance		
	Classe 1	Classe 2	Classe 3
T	± 0.5 ou $0.004 \times T$ -40...350°C	± 1 ou $0.075 \times T$ -40...350°C	± 1 ou $0.015 \times T$ -200...40°C
E	± 1.5 ou $0.004 \times T$ -40...800°C	± 2.5 ou $0.075 \times T$ -40...900°C	± 2.5 ou $0.015 \times T$ -200...40°C
J	± 1.5 ou $0.004 \times T$ -40...750°C	± 2.5 ou $0.075 \times T$ -40...750°C	± 2.5 ou $0.015 \times T$
K	± 1.5 ou $0.004 \times T$ -40...1000°C	± 2.5 ou $0.075 \times T$ -40...1200°C	± 2.5 ou $0.015 \times T$ -200...40°C
N	± 1.5 ou $0.004 \times T$ -40...1000°C	± 2.5 ou $0.075 \times T$ -40...1200°C	± 2.5 ou $0.015 \times T$ -200...40°C
R & S	± 1 pour $T < 1100^\circ\text{C}$ $1 + 0.003 \times (T - 1100)$ pour $T > 1100^\circ\text{C}$ 0...1600°C	± 1.5 ou $0.0025 \times T$ 0...1600°C	
B		± 1.5 ou $0.0025 \times T$ 600 à 1700°C	± 4 ou $0.005 \times T$ 600 à 1700°C

Températures limites des gaines et matériaux de protection.

Le thermocouple va se présenter majoritairement sous 3 formes :

- Fils nus avec une protection externe en forme de tube rigide
- Version chemisée : dans ce cas les fils de thermocouple sont positionnés dans un tube métallique souple rempli d'un isolant minéral (magnésie, oxyde d'aluminium....)
- Version filaire : les fils de thermocouples sont isolés par du PVC, silicone, Téflon, soie de verre ou fibre de céramique

VERSIONS FILAIRE SOUPLE AVEC ISOLANT :

- Ces versions sont utilisées pour réaliser des thermocouples simples ou pour réaliser des câbles de compensation ou d'extension.
Le câble utilisé pour la construction d'un capteur filaire, garantit toutes les caractéristiques thermoélectriques du thermocouple sur toute la plage de température.
- Câble d'extension – il est utilisé pour connecter le thermocouple à l'instrument de mesure; ses conducteurs ont les mêmes caractéristiques et propriétés thermoélectriques de leurs thermocouples respectifs
- Câble de compensation – utilisé pour connecter le thermocouple à l'instrument de mesure ; ses conducteurs ont des caractéristiques différentes de celles des thermocouples auxquels ils sont connectés, bien qu'ils conservent les mêmes propriétés thermoélectriques.

Temp. max. °C	ISOLANT	UTILISATION
-20...105	PVC	Bonnes caractéristiques mécaniques et électriques
-40...200	SILICONE	Excellente flexibilité même à basses températures
-200...250	TEFLON	Résistance aux agents chimiques et excellentes caractéristiques mécaniques
-200...400	KAPTON	Excellentes propriétés diélectriques et chimiques
400	SOIE DE VERRE	Bonne résistance aux hautes températures – non combustible mais poreux
1200	FIBRE DE CERAMIQUE	Très bonne résistance aux hautes températures – non combustible mais poreux

VERSIONS CHEMISEES SOUPLE AVEC ISOLANT MINERAL :

Cette version se compose d'une gaine métallique contenant les conducteurs isolés les uns des autres par des oxydes métalliques très purs et fortement comprimés. Ce produit présente de nombreux avantages : robustesse, temps de réaction court, bon isolement, température élevée

Type	Temp. max. °C	APPLICATION
304SS	800	Acier inoxydable d'utilisation générale. Bonne résistance à la corrosion.
316SS	1050	Acier inoxydable d'utilisation générale. Résistance supérieure à la corrosion.
310SS	1050	Résistance supérieure à la corrosion. Très résistant aux hautes températures.
446SS	1100	Utilisé dans les atmosphères sulfureuses.
Inconel 600	1150	Excellente résistance à l'oxydation et à la corrosion à haute température.
Pyrosil D	1250	Résistance supérieure à l'oxydation que le 310SS & INC 600. Plus résistant aux hautes températures. que le 310SS & INC 600. Coefficient d'élasticité thermique compatible avec les alliages de nickel (thermocouple type K et N)

Attention pour ce type de produit il faut également respecter un diamètre minimum externe en fonction de la température d'utilisation

Type	Ø0.5	Ø1	Ø1.5	Ø2	Ø3	Ø4.5	Ø6	Ø8
304SS	700°C	700°C	800°C	800°C	800°C	800°C	800°C	800°C
310SS	700°C	700°C	920°C	920°C	1050°C	1050°C	1050°C	1050°C
446SS	700°C	700°C	920°C	920°C	1070°C	1100°C	1100°C	1100°C
Inconel 600	700°C	700°C	920°C	920°C	1070°C	1150°C	1150°C	1150°C

VERSIONS RIGIDES AVEC TUBE DE PROTECTION EXTERNE

Ces version sont surtout adaptées aux températures très élevées. Le montage du thermocouple se fait sous perle céramique avec un ou deux tubes de protection. Une tête DIN est très souvent utilisé pour effectuer le raccordement électrique.

Type	Temp. max. °C	APPLICATION
446 SS	1100	Excellente résistance dans les applications de bain de sel (traitement thermique). Assez résistant dans les bains électrolytiques d'aluminium.
Fonte	870	Matière peu coûteuse employée dans l'aluminium liquide. Le tube a une vie relativement courte due à l'oxydation mais d'autres matériaux ont également leurs inconvénients dans cette application. Métal fragile.
HR-1600	1204	Résistance exceptionnelle à de diverses formes d'attaques corrosives à hautes températures.
Inconel 6011	1260	Très résistant à l'oxydation pour les procédés ayant des températures oscillantes de élevées à modérées. Résiste aux composés de soufre et aux dioxydes de carbone à température modérée seulement.
Alumina (99%) ¹	1900	Utilisé dans l'industrie du verre et des métaux non-ferreux. Très étanche au gaz, il protège très bien les thermocouples de métaux nobles.
Hexoloy SA2	1650	Incinérateur, aluminium liquide et métaux non-ferreux, acides fluorhydriques et sulfuriques, calcination de bauxite.
Mullite	1700	Utilisé dans l'industrie des métaux non-ferreux et dans divers fours industrielles. Très étanche au gaz, non recommandé pour les thermocouples de métaux nobles car il contient de la silice.
Syalon3	1150	Un matériel fort et très résistant au choc thermique. Très utilisé dans l'industrie de l'aluminium surtout dans les dalots. Matériel assez dispendieux.
Carbure de silicium	1650	Excellente résistance au choc thermique. Haute conductivité thermique. Un matériel poreux qui jumelé à un tube de céramique interne assurera une bonne protection pour les thermocouples de métaux nobles.

CONTACT**MESUREX**

13 Rue des Corroyés
 (0) 1 30 41 23 80 78730 Saint Arnoult en Yvelines Mail
 : mesurex@mesurex.fr

Tel : +33 (0) 1 30 41 23 62

Fax : +33