

## Application de thermocouples

Fiche technique WIKA IN 00.23

Dans le domaine de la mesure électrique de température industrielle, on utilise communément deux groupes de capteurs :

- Sondes à résistance (RTD)
- Thermocouples (TC)

Les deux types de capteur ont leurs avantages et leurs inconvénients. Les sondes à résistance Pt100, communément utilisées, conviennent particulièrement à des mesures situées dans des plages de température basses à moyennes (-200 ... +600 °C). Les thermocouples, eux, (à part quelques exceptions) sont avantageux à de plus hautes températures (jusqu'à 1700 °C).

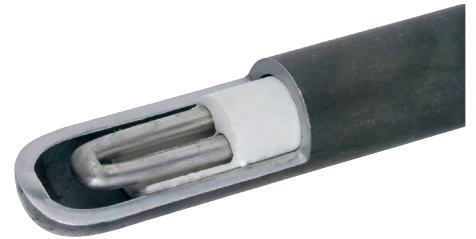
Certains thermocouples (tungstène-rhénium, or-platine ou platine-palladium) peuvent mesurer des températures encore plus élevées. Ces thermocouples très spéciaux ne sont pas décrits dans ce document.

Alors qu'en Europe les capteurs Pt100 sont d'abord utilisés pour mesurer des températures de fluide basses et moyennes, on peut observer en Amérique du Nord un usage prédominant de thermocouples. Cependant, ceci ne s'applique pas toujours, par exemple une raffinerie construite en Europe est équipée d'une technologie de mesure de température basée sur des standards américains si l'installation a été conçue aux USA. Ceci peut aussi s'appliquer en sens inverse.

Un autre critère pour choisir un thermocouple est le plus petit diamètre possible d'un thermocouple à gaine (voir chapitre "Thermocouples à gaine"). Les diamètres de 0,25 mm, 0,5 mm ou 1 mm permettent d'obtenir des temps de réponse étonnamment courts.

En général, les thermocouples réagissent plus vite que les RTD.

Si le thermomètre est placé dans un doigt de gant (massif), les temps de réponse des deux types de capteurs se rapprochent. Si l'on prend en compte la masse d'un doigt de gant installé, sa conduction thermique et l'isolation entre le fluide et le capteur relativisent dans ce cas l'avantage de rapidité du thermocouple. Il reste toujours mesurable, mais devient négligeable car le temps de réponse se compte dans ce cas en minutes à 2 chiffres.



**Thermocouple droit avec gaine métallique**



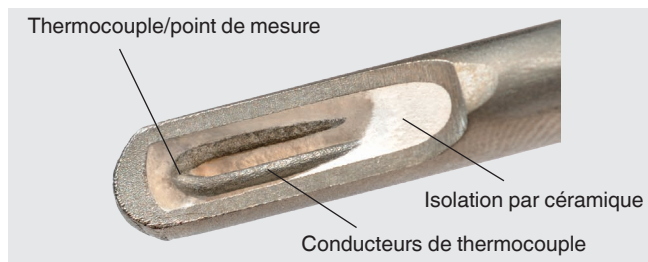
**Thermocouple à câble, type TC40  
(Conception : câble chemisé)**



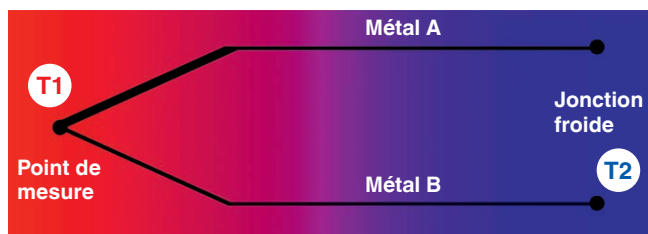
**Exemples de doigts de gant**

## Données de base

Un thermocouple consiste en deux conducteurs de métaux différents connectés entre eux à une extrémité, de sorte que le point de connexion est le point de mesure.



Lorsque l'on chauffe le point de mesure, la tension sur les extrémités du câble (jonction froide) est mesurée ; elle représente la température du point de mesure. (Effet thermo-électrique = effet Seebeck)



Cette tension (FEM = force électromotrice) est produite à cause de la différence de densité en électrons des deux conducteurs en métal (différents) utilisés, en combinaison avec la différence de température entre le point de mesure et la jonction froide.

Tout simplement, un thermocouple ne mesure pas la température absolue, mais la température différentielle entre le

- **T1** : Point de mesure (jonction chaude)
- et
- **T2** : Point froid (jonction froide).

Comme la tension est souvent mesurée à température ambiante, la valeur de tension qui est affichée serait trop basse par rapport à la valeur de tension de la température ambiante. Pour obtenir la valeur pour la température absolue du point de mesure, on utilise ce qu'on appelle la "compensation de jonction froide".

Dans le passé (et même aujourd'hui dans les laboratoires d'étalonnage), on y arrivait en immergeant la jointure de l'extrémité froide du thermocouple et les câbles du voltmètre dans un bain glacé.

Sur les instruments courants avec entrée thermocouple (transmetteurs, instruments de mesure portables ou dispositifs installés dans le panneau électrique, etc.), une compensation de jonction froide électronique est incluse dans les circuits de l'instrument.

Chaque métal a une électronégativité spécifique. (Électronégativité = tendance des atomes à plutôt accepter ou libérer des électrons)

Pour obtenir les tensions thermo-électriques les plus hautes possibles, on utilise des appariements de matériaux spéciaux dont les électronégativités individuelles sont aussi éloignées que possible pour former des thermocouples. Ces appariements de matériaux ont certaines limitations, dues par exemple à la température maximale de fonctionnement du thermocouple.

### Les normes suivantes définissent les thermocouples

- CEI 60584-1 : thermocouples : valeurs de base et valeurs de tolérance des tensions thermo-électriques
- CEI 60584-3 : thermocouples : câbles de thermocouple et câbles de compensation

### ASTM E230 :

Tableaux avec spécification standard et force de température-électromotrice (FEM) pour les thermocouples standardisés.

## Tensions thermo-électriques

Température de référence : 0 °C

Température en °C	Thermocouple							
	Type K	Type J	Type N	Type E	Type T	Type S	Type R	Type B
-200					-5,603			
-180					-5,261			
-160					-4,865			
-140					-4,419			
-120					-3,923			
-100					-3,379			
-80					-2,788			
-60					-2,153			
-40	-1,527	-1,961	-1,023	-2,255	-1,475			
-20	-0,777	-0,995	-0,518	-1,152	-0,757			
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
20	0,798	1,019	0,525	1,192	0,790	0,113	0,111	
40	1,612	2,059	1,065	2,420	1,612	0,235	0,232	
60	2,436	3,116	1,619	3,685	2,467	0,365	0,363	
80	3,267	4,187	2,189	4,985	3,358	0,502	0,501	
100	4,096	5,269	2,774	6,319	4,279	0,646	0,647	
150	6,138	8,010	4,302	9,789	6,704	1,029	1,041	
200	8,138	10,779	5,913	13,421	9,288	1,441	1,469	
250	10,153	13,555	7,597	17,181	12,013	1,874	1,923	
300	12,209	16,327	9,341	21,036	14,862	2,323	2,401	
350	14,293	19,090	11,136	24,964	17,819	2,786	2,896	
370	15,133	20,194	11,867	26,552	19,030	2,974	3,099	
400	16,397	21,848	12,974	28,946		3,259	3,408	
450	18,516	24,610	14,846	32,965		3,742	3,933	
500	20,644	27,393	16,748	37,005		4,233	4,471	
550	22,776	30,216	18,672	41,053		4,732	5,021	
600	24,905	33,102	20,613	45,093		5,239	5,583	1,792
650	27,025	36,071	22,566	49,116		5,753	6,041	2,101
700	29,129	39,132	24,527	53,112		6,275	6,743	2,431
750	31,213	42,281	26,491	57,080		6,806	7,340	2,782
760	31,628	42,919	26,883	57,970		6,913	7,461	2,854
800	33,275		28,455	61,017		7,345	7,950	3,154
850	35,313		30,416	64,922		7,893	8,571	3,546
870	36,121		31,199	66,473		8,114	8,823	3,708
900	37,326		32,371	68,787		8,449	9,205	3,957
950	39,314		34,319			9,014	9,850	4,387
1000	41,276		36,256			9,587	10,506	4,834
1050	43,211		38,179			10,168	11,173	5,299
1100	45,119		40,087			10,757	11,850	5,780
1150	46,995		41,976			11,351	12,535	6,276
1200	48,838		43,846			11,951	13,228	6,786
1250	50,644		45,694			12,554	13,926	7,311
1260	51,000		46,060			12,675	14,066	7,417
1300						13,159	14,629	7,848
1350						13,766	15,334	8,397
1400						14,373	16,040	8,956
1450						14,978	16,746	9,524
1480						15,341	17,169	9,868
1500						15,582	17,451	10,099
1550						16,182	18,152	10,679

Suite voir page suivante

Température en °C	Thermocouple							
	Type K	Type J	Type N	Type E	Type T	Type S	Type R	Type B
1600						16,777	18,849	11,263
1650								11,850
1700								12,430

Légende :

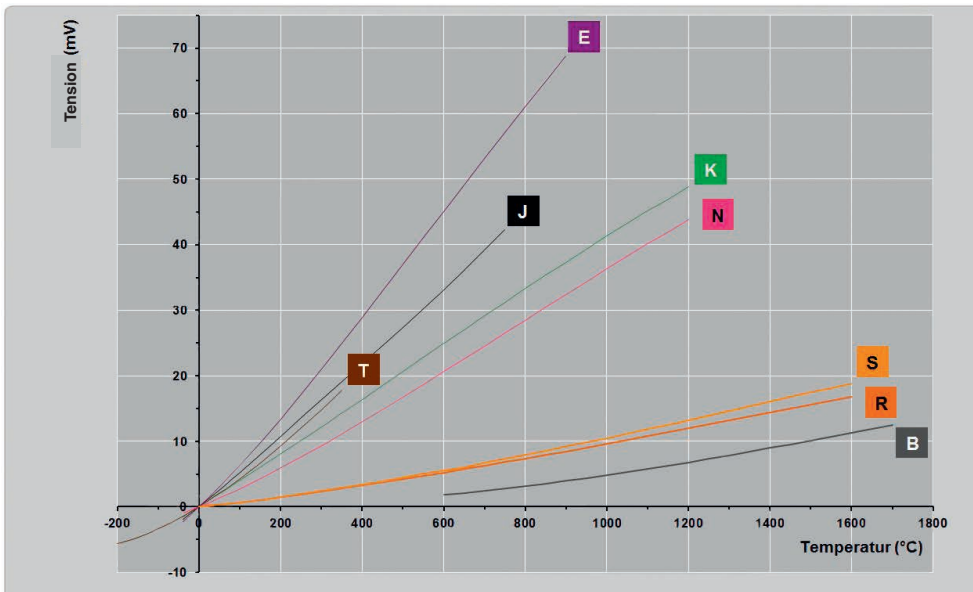
Noir : CEI 60584-1 et ASTM E230

Bleu : CEI 60584-1 seulement

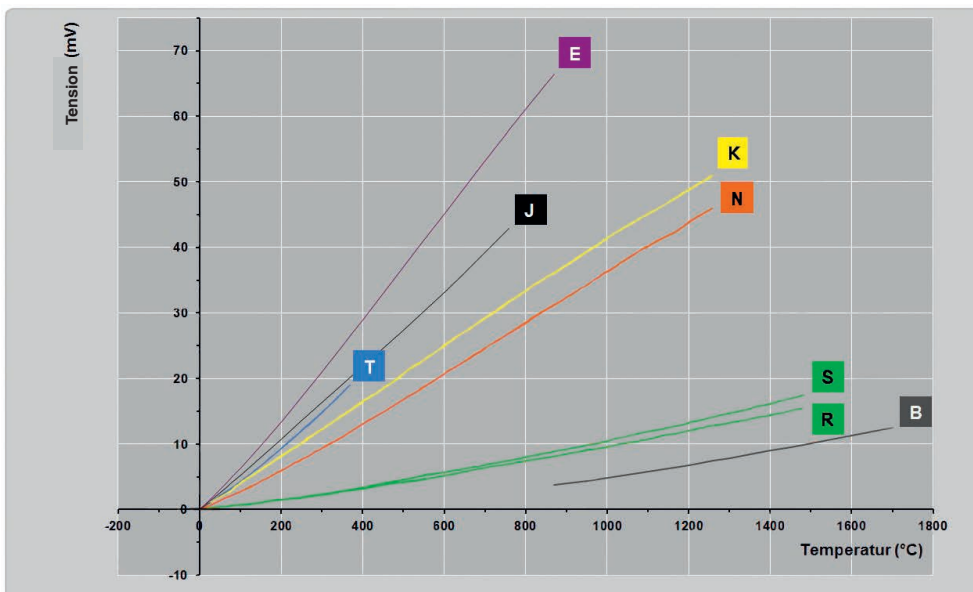
Rouge : ASTM E230 seulement

## Courbes de tension thermo-électrique

### ■ CEI 60584-1



### ■ ASTM E230



Les tableaux illustrent les courbes correspondant aux plages de température en question de CEI 60584-1 / ASTM E230.

En-dehors de ces plages de température, la valeur de tolérance admissible n'est pas standardisée.

## Limites de fonctionnement et précisions des thermocouples (CEI 60584, ASTM E230)

Le tableau suivant contient les valeurs de tolérance admissibles de CEI 60584-1 y compris les valeurs de tolérance de la norme ASTM E230, qui est courante en Amérique du Nord :

**Valeurs de tolérance des thermocouples selon CEI 60584-1 / ASTM E230** (température de référence 0 °C)

Type	Thermocouple	Précision du capteur	Classe	Plage de température	Précision du capteur
<b>K</b> <b>N</b>	NiCr-NiAl (NiCr-Ni) NiCrSi-NiSi	CEI 60584-1	1	-40 ... +1000 °C	±1,5 °C ou 0,0040 ·  t  <sup>1)2)</sup>
			2	-40 ... +1200 °C	±2,5 °C ou 0,0075 ·  t
		ASTM E230	Spécial	0 ... +1260 °C	±1,1 °C ou ±0,4 %
			Standard	0 ... +1260 °C	±2,2 °C ou ±0,75 %
<b>J</b>	Fe-CuNi	CEI 60584-1	1	-40 ... +750 °C	±1,5 °C ou 0,0040 ·  t
			2	-40 ... +750 °C	±2,5 °C ou 0,0075 ·  t
		ASTM E230	Spécial	0 ... +760 °C	±1,1 °C ou ±0,4 %
			Standard	0 ... +760 °C	±2,2 °C ou ±0,75 %
<b>E</b>	NiCr-CuNi	CEI 60584-1	1	-40 ... +800 °C	±1,5 °C ou 0,0040 ·  t
			2	-40 ... +900 °C	±2,5 °C ou 0,0075 ·  t
		ASTM E230	Spécial	0 ... +870 °C	±1,0 °C ou ±0,4 %
			Standard	0 ... +870 °C	±1,7 °C ou ±0,5 %
<b>T</b>	Cu-CuNi	CEI 60584-1	1	-40 ... +350 °C	±0,5 °C ou 0,0040 ·  t
			2	-40 ... +350 °C	±1,0 °C ou 0,0075 ·  t
			3	-200 ... +40 °C	±1,0 °C ou 0,015 ·  t
		ASTM E230	Spécial	0 ... +370 °C	±0,5 °C ou ±0,4 %
			Standard	-200 ... 0 °C	±1,0 °C ou ±1,5 %
			Standard	0 ... +370 °C	±1,0 °C ou ±0,75 %
<b>R</b> <b>S</b>	Pt13%Rh-Pt Pt10%Rh-Pt	CEI 60584-1	1	0 ... +1600 °C	±1,0 °C ou ±[1 + 0,003 (t - 1100)] °C
			2	0 ... +1600 °C	±1,5 °C ou ±0,0025 ·  t
		ASTM E230	Spécial	0 ... +1480 °C	±0,6 °C ou ±0,1 %
			Standard	0 ... +1480 °C	±1,5 °C ou ±0,25 %
<b>B</b>	Pt30%Rh-Pt6%Rh	CEI 60584-1	2	+600 ... +1700 °C	±0,0025 ·  t
			3	+600 ... +1700 °C	±4,0 °C ou ±0,005 ·  t
		ASTM E230	Spécial	-	-
			Standard	+870 ... +1700 °C	±0,5 %

1) |t| est la valeur de température en °C sans prendre en compte le signe

2) La valeur supérieure s'applique

Il y a des notations différentes pour les thermocouples type K en Europe et en Amérique du Nord :

Europe : NiCr-NiAl ou NiCr-Ni

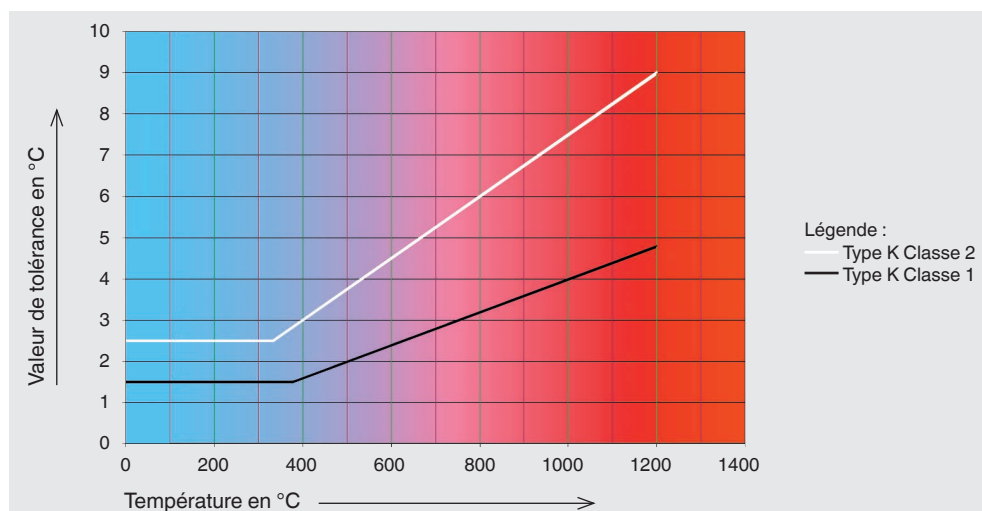
Amérique du Nord : Ni-Cr / Ni-Al

Il n'y a aucune différence physique, la dénomination est due à des raisons historiques.

### Types R, S et B

Non disponible en version câble chemisé en classe 1 selon CEI 60584 ou "Spécial" selon ASTM E230

Pour la valeur de tolérance des thermocouples, une température de jonction froide de 0 °C a été définie comme valeur de référence. En cas d'utilisation d'un câble de compensation ou du câble de thermocouple, une déviation de mesure supplémentaire doit être prise en compte.



Exemple :

Valeur de tolérance des classes de précision 1 et 2 du thermocouple type K

# Informations concernant l'application de thermocouples

## ■ Thermocouples en métaux de base

### Type K

corps +	corps -
NiCr	NiAl
Nickel-chrome	Nickel-aluminium (ferromagnétique)

Les thermocouples NiCr-NiAl conviennent pour un usage dans des atmosphères oxydantes ou de gaz inerte allant jusqu'à 1200 °C (ASTM E230 : 1260 °C) avec la plus grande taille de câble.

Protéger les thermocouples des atmosphères sulfureuses. Comme ils sont moins susceptibles d'oxydation que les thermocouples fabriqués dans d'autres matériaux, on les utilise la plupart du temps pour des applications à des températures supérieures à 550 °C allant jusqu'à la pression de service maximum du thermocouple.

### Type J

corps +	corps -
Fe	CuNi
Fer (ferromagnétique)	Cuivre-nickel

Les thermocouples Fe-CuNi conviennent pour un usage dans des atmosphères oxydantes et réductrices ou des atmosphères de gaz inerte. Ils sont utilisés pour des mesures de température jusqu'à 750 °C (ASTM E230 : 760 °C) avec la plus grande taille de câble.

### Type N

corps +	corps -
NiCrSi	NiSi
Nickel-chrome-silicium	Nickel-silicium

Les thermocouples NiCrSi-NiSi conviennent pour un usage dans des atmosphères oxydantes, des atmosphères de gaz inerte ou des atmosphères réductrices sèches jusqu'à 1200 °C (ASTM E230 : 1260 °C).

Ils doivent être protégés des atmosphères sulfureuses. Ils sont très précis à hautes températures. La tension de source (FEM) et la plage de température sont presque les mêmes que pour le type K. Ils sont utilisés dans des applications où une durée de fonctionnement plus longue et une meilleure stabilité sont requises.

### Type E

corps +	corps -
NiCr	CuNi
Nickel-chrome	Cuivre-nickel

Les thermocouples NiCr-CuNi conviennent pour un usage dans des atmosphères oxydantes ou de gaz inerte allant jusqu'à 900 °C (ASTM E230 : 870 °C) avec la plus grande taille de câble. Les thermocouples de type E, parmi tous les thermocouples communément utilisés, développent la tension de source (FEM) la plus haute par °C.

### Type T

corps +	corps -
Cu	CuNi
Cuivre	Cuivre-nickel

Les thermocouples Cu-CuNi conviennent pour des températures en dessous de 0 °C avec une limite supérieure de température de 350 °C (ASTM E230 : 370 °C) et peuvent être utilisés dans des atmosphères oxydantes, réductrices ou de gaz inerte. Ils ne se corrodent pas dans des atmosphères humides.

## ■ Thermocouples en métaux précieux

### Type S

corps +	corps -
Pt10%Rh	Pt
Platine-10%rhodium	Platine

Les thermocouples de type S sont adaptés pour une utilisation continue en atmosphères oxydantes ou inertes à des températures jusqu'à 1600 °C. Prendre garde à une fragilisation éventuelle due à la contamination.

### Type R

corps +	corps -
Pt13%Rh	Pt
Platine-13%rhodium	Platine

Les thermocouples de type R sont adaptés pour une utilisation continue en atmosphères oxydantes ou de gaz inerte à des températures jusqu'à 1600 °C. Prendre garde à une fragilisation éventuelle due à la contamination.

### Type B

corps +	corps -
Pt30%Rh	Pt6%Rh
Platine-30%rhodium	Platine-6%rhodium

Les thermocouples de type B sont adaptés pour une utilisation continue en atmosphères oxydantes ou de gaz inerte et pour un usage à court terme dans des environnements de vide à des températures jusqu'à 1700 °C. Prendre garde à une fragilisation éventuelle due à la contamination.

Les thermocouples de type R, S et B sont en général installés dans une gaine à bout fermé en céramique pure. Si on utilise un doigt de gant ou une gaine en métal, on a besoin d'une gaine à bout fermé. Les thermocouples en métaux précieux sont susceptibles d'être contaminés. Il est fortement recommandé d'entourer ces thermocouples d'un matériau en céramique.

## Limite supérieure de température recommandée

(Fonctionnement continu)

- Thermocouples à gaine (voir aussi le tableau "Tensions thermo-électriques selon CEI 60584-1")

Type de thermocouple	Limite supérieure de température recommandée en °C							
	Avec diamètre de gaine en mm							
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,5	6,0	8,0
K	700	700	920	920	1070	1100	1100	1100
J	260	260	440	440	520	620	720	720
N	700	700	920	920	1070	1100	1100	1100
E	300	300	510	510	650	730	820	820
T	260	260	260	260	315	350	350	350

Matériau de gaine : Inconel 2.4816 (Inconel 600)

Spécifications en considération de conditions optimales de laboratoire (air sans gaz nocifs).  
D'autres matériaux sont disponibles, ce qui donne d'autres limites de température.

- Thermocouple droit (voir aussi le tableau "Tensions thermo-électriques selon CEI 60584-1")

Type de thermocouple	Limite supérieure de température recommandée en °C			
	Avec un diamètre de câble en mm			
	0,35	0,5	1,0	3,0
K	700	700	800	1000
J	400	400	600	700
N	700	700	800	1000
E	400	400	600	700
T	200	200	300	350
S	1300	1300	-	-
R	1300	1300	-	-
B	1500	1500	-	-

Spécifications en considération de conditions optimales de laboratoire (air sans gaz nocifs).

- Thermocouples protégés (voir aussi le tableau "Limites maximales conseillées de température pour les thermocouples protégés" selon ASTM E230)

Type de thermocouple	Limite de température supérieure pour les différentes tailles de câble (Awg) en °C					
	Appareil n° 30 0,25 mm [0,010 pouce]	Appareil n° 28 0,33 mm [0,013 pouce]	Appareil n° 24 0,51 mm [0,020 pouce]	Appareil n° 20 0,81 mm [0,032 pouce]	Appareil n° 14 1,63 mm [0,064 pouce]	Appareil n° 8 3,25 mm [0,128 pouce]
T	150	200	200	260	370	
J	320	370	370	480	590	760
E	370	430	430	540	650	870
K et N	760	870	870	980	1090	1260
R et S			1480			
B			1700			

### Remarque :

Les températures de fonctionnement maximales spécifiées s'appliquent au thermocouple dans des conditions environnementales optimales. La température de fonctionnement maximale des doigts de gant se trouve souvent bien en-dessous de la température du thermocouple !



- Thermocouples à gaine (voir aussi le tableau "Limites maximales conseillées de température pour les thermocouples à gaine" selon ASTM E608/E608M)

Diamètre nominal de gaine		Limite de température supérieure pour les différents diamètres de gaine en °C			
		Type de thermocouple			
mm	pouce	T	J	E	K et N
0,5	0,020	260	260	300	700
-	0,032	260	260	300	700
1,0	0,040	260	260	300	700
1,5	0,062	260	440	510	920
2,0	-	260	440	510	920
-	0,093	260	480	580	1000
3,0	0,125	315	520	650	1070
4,5	0,188	370	620	730	1150
6,0	0,250	370	720	820	1150
8,0	0,375	370	720	820	1150

**Remarque :**

Les températures de fonctionnement maximales spécifiées s'appliquent au thermocouple dans des conditions environnementales optimales. La température de fonctionnement maximale des doigts de gant se trouve souvent bien en-dessous de la température du thermocouple !

## Incertitudes de mesure potentielles

### Facteurs importants qui contrarient la stabilité à long terme des thermocouples

#### Effets de vieillissement/contamination

- Les processus d'oxydation sur des thermocouples qui ne sont pas protégés correctement (fils de thermocouples "nus") ont pour résultat de fausser les courbes caractéristiques.
- Les atomes étrangers (empoisonnement) qui se diffusent dans les alliages d'origine conduisent à des modifications de ces alliages et faussent ainsi la courbe caractéristique.
- L'action de l'hydrogène conduit à un effritement des thermocouples.

Les thermocouples "en métal de base" subissent les effets du vieillissement et donc leur courbe caractéristique température/tension thermique se modifie.

Les thermocouples "précieux" PtRh-Pt de type R et S ne montrent pratiquement aucun signe de vieillissement jusqu'à 1400 °C.

De toute manière, ils sont très sensibles à la contamination. Le silicium et le phosphore détruisent rapidement le platine. En présence du platine, on peut libérer le silicium de la céramique isolante, même dans une atmosphère se réduisant légèrement. La réduction de SiO<sub>2</sub> en Si contamine le corps en platine du thermocouple. Ceci conduit à des erreurs de 10 °C et plus, même si le volume de silicium se trouve dans une plage de quelques ppm.

Grâce à un meilleur ratio entre le volume total de matériau par rapport à la surface sensible à la contamination, la stabilité à long terme des thermocouples en métal précieux augmente avec le diamètre de câble de thermocouple. C'est pourquoi des capteurs de type S, R et B avec des diamètres de câble de thermocouple de Ø 0,35 mm ou de Ø 0,5 mm (0,015" ou 0,020") sont disponibles. Mais les câbles de thermocouple de Ø 0,5 mm (0,020") ont deux fois la surface de section des câbles de Ø 0,35 mm (0,015") – et sont donc aussi deux fois plus chers. Néanmoins, cela peut en valoir la peine car une durée de fonctionnement nettement plus longue peut équilibrer les coûts d'entretien virtuels qui pourraient s'avérer élevés (temps mort pour l'installation).

Le corps Ni du thermocouple type K est souvent endommagé par du soufre contenu dans des gaz d'échappement. Les thermocouples de type J et T vieillissent légèrement car le corps en métal pur s'oxyde en premier.

En général, l'augmentation des températures cause des effets de vieillissement accélérés.

#### Carie verte

Si on utilise des thermocouples de type K à des températures allant d'environ 800 °C à 1050 °C, des variations considérables de tension thermo-électrique peuvent se produire. La cause est qu'il se produit une diminution de la teneur en chrome ou une oxydation du corps NiCr (corps +). La condition préalable à cela est une faible

concentration d'oxygène ou de vapeur dans l'environnement immédiat du thermocouple. Le corps en nickel n'est pas affecté par cela. La conséquence de cet effet est un écart de la valeur mesurée causé par une tension thermo-électrique qui diminue. Cet effet est accéléré s'il y a une pénurie d'oxygène (réduction de l'atmosphère), parce qu'une couche complète d'oxyde, qui protégerait d'une oxydation encore plus importante du chrome, ne peut pas être formée à la surface du thermocouple.

Le thermocouple est détruit en permanence par ce processus. Le nom de carie verte provient de la coloration verdâtre brillante qui apparaît sur le point de cassure du fil.

Le thermocouple type N (NiCrSi-NiSi) a, à cet égard, un avantage dû à sa teneur en silicium. Ici, une couche oxydée protectrice se forme sur sa surface dans les mêmes conditions.

#### L'effet K

Le corps NiCr d'un thermocouple de type K a un alignement ordonné qui respecte l'alignement dans le réseau cristallin en-dessous d'environ 400 °C. Si on continue de chauffer le thermocouple, une transition vers un état désordonné se produit dans la plage de température entre environ 400 °C et 600 °C. Au-dessus de 600 °C, un réseau cristallin ordonné est rétabli.

Si ces thermocouples refroidissent trop rapidement (plus vite qu'environ 100 °C par heure), le réseau cristallin désordonné indésirable se produit à nouveau pendant le refroidissement dans la plage entre environ 400 °C et 600 °C. Dans la courbe caractéristique du type K, cependant, on suppose un état d'alignement systématiquement ordonné et on fournit des valeurs. Ceci a pour conséquence une erreur de tension thermo-électrique d'environ 0,8 mV (5 °C environ) dans cette plage.

L'effet K est réversible et peut être largement éliminé en recuisant à une température supérieure à 700 °C, avant de procéder à un lent refroidissement.

Les thermocouples à petit diamètre sont particulièrement sensibles à cet égard. Un refroidissement en état de repos peut conduire à des écarts de 1 °C.

Il est possible de réduire cet effet ordre à court terme pour le thermocouple de type N (NiCrSi-NiSi) en alliant les deux corps avec du silicium.

## Exécutions standard des thermocouples

### Thermocouples à gaine

Les thermocouples à gaine consistent en une gaine extérieure métallique, contenant les liaisons internes, qui sont intégrés de manière isolée dans un composé de céramique fortement comprimé. (câble isolé minéralement, appelé aussi câble chemisé).

Les thermocouples à gaine sont cintrables et peuvent être cintrés avec un rayon qui est au minimum de cinq fois le diamètre de la gaine. Grâce à cette flexibilité, les thermocouples à gaine peuvent être utilisés même dans des endroits qui sont difficiles d'accès.

Leur résistance extrême aux vibrations est une autre bonne raison pour utiliser des thermocouples à gaine.

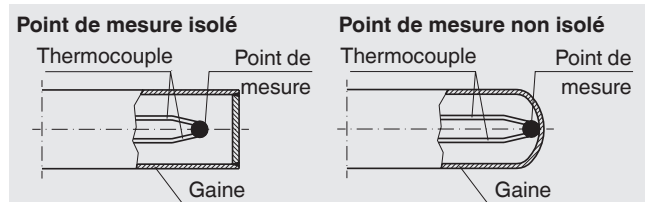
#### Diamètres disponibles de gaine

- 0,5 mm
- 1,0 mm
- 1,5 mm
- 3,0 mm
- 4,5 mm
- 6,0 mm
- 8,0 mm

#### Matériaux de gaine

- Alliage Ni 2.4816 (Inconel 600)
  - jusqu'à 1200 °C (air)
  - matériau standard pour des applications nécessitant des propriétés spécifiques de résistance à la corrosion dans le cas d'une exposition à de hautes températures, résistant aux craquages et aux piquages dus à la corrosion pour des fluides contenant du chlorure
  - résistant à la corrosion causée par de l'ammoniaque aqueuse à toutes températures et concentrations
  - hautement résistant aux halogènes, au chlore, au chlorure d'hydrogène
- Acier inox 316
  - jusqu'à 850 °C (air)
  - bonne résistance à la corrosion avec des fluides agressifs de même que pour de la vapeur et des gaz de combustion dans des milieux chimiques
- Autres matériaux sur demande

#### Exécution du point de mesure



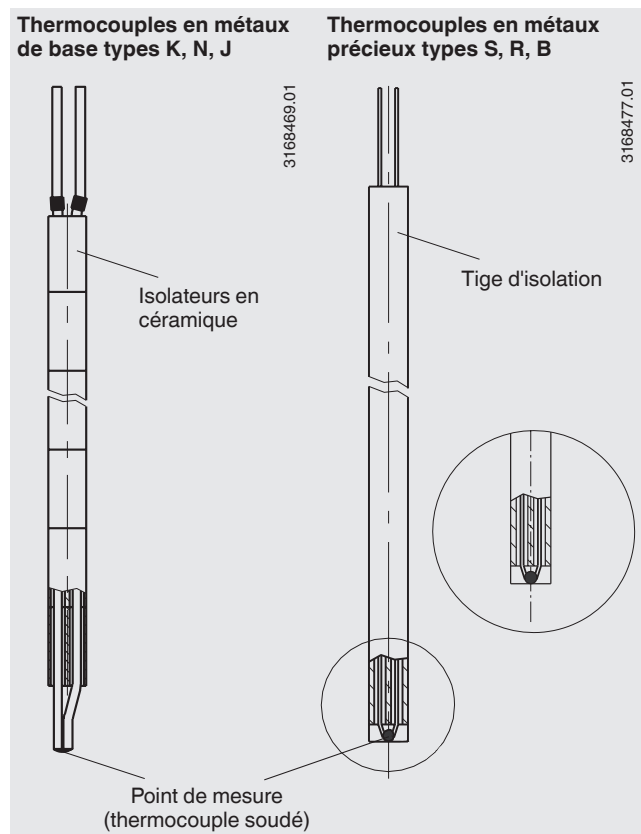
**Matière première du câble chemisé**

### Thermocouple droit avec gaine en métal ou en céramique



**Différentes versions, type TC80**

### Exécution interne des thermocouples, version droite



#### Thermocouples en métaux précieux types S, R, B

Câble de thermocouple : Ø 0,35 mm ou Ø 0,5 mm  
Isolation : Tige d'isolation, céramique C 799 / alumine

#### Thermocouples en métaux de base types K, N, J

Câble de thermocouple : Ø 1 mm ou Ø 3 mm  
Isolation : Isolateurs en céramique, céramique C 610 / mullite

## Câbles de raccordement pour les thermocouples

Pour ponter la distance entre le thermocouple et l'instrumentation, il faut utiliser des câbles de raccordement spéciaux avec les thermocouples.

On opère ici une distinction entre **câbles de thermocouple** (le matériau du câble correspond au matériau d'origine du thermocouple) et ce qu'on appelle les **câbles de compensation**.

Avec les câbles de compensation, le matériau du câble correspond, dans une plage de température limitée, aux propriétés thermo-électriques du thermocouple d'origine. Ces limites de température sont énumérées dans les normes CEI 60584-3 ou ASTM E230. Les informations concernant les classes de précision des câbles se trouvent au même endroit.

L'utilisation de ces matériaux spéciaux de câble est nécessaire pour éviter des "thermocouples parasites".

### ■ Câble de thermocouple

Les conducteurs intérieurs du câble de thermocouple sont fabriqués dans les matériaux d'origine du thermocouple (ils ne sont pas disponibles pour les thermocouples précieux pour des raisons de coût).

Les câbles sont disponibles dans les classes de précision 1 et 2.

### ■ Câble de compensation

Les conducteurs intérieurs du câble de compensation sont fabriqués dans des matériaux qui correspondent aux propriétés thermo-électriques des thermocouples d'origine. Ceci s'applique pour une plage de température définie dans les normes CEI 60584 / ASTM E230 sur la transition câble ↔ thermocouple, et pour toute la longueur du câble.

Disponible seulement pour la classe de précision 2.

Pour le thermocouple de type B, l'usage de conducteurs intérieurs en cuivre est autorisé.

Erreur attendue (exemple) :  $40 \mu\text{V} / 3,5 \text{ }^\circ\text{C}$

Ceci est vrai dans une plage de température de 0 ... 100 °C à la jonction du thermocouple et du câble de compensation. La température du point de mesure est, dans cet exemple, de 1400 °C.

### Remarque :

On ajoute les erreurs potentielles du thermocouple et du câble de raccordement !



Câble de raccordement

## Thermocouples et codes couleur des câbles d'extension

	ASTM E230 Câble de thermocouple	ASTM E230 Câble d'extension	BS 1843	DIN 43714	ISC 1610-198	NF C42-323	CEI 60584-3	Sécurité intrinsèque CEI 60584-3
<b>N</b>								
<b>J</b>								
<b>K</b>								
<b>E</b>								
<b>T</b>								
<b>R</b>								
<b>S</b>								
<b>B</b>								



**WIKAI Instruments s.a.r.l.**

95220 Herblay/France

Tel. 0 820 951010 (0,15 €/min)

Tel. +33 1 787049-46

Fax 0 891 035891 (0,35 €/min)

info@wika.fr

www.wika.fr