



**THERMATEC PROCESS CONTROL**  
Mesure de Température

Distributeur exclusif de



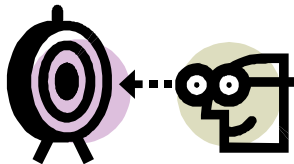
**TiTEC**  
TEMPERATURMESSTECHNIK GmbH  
www.titec-gmbh.de

## GENERALITES SUR LA MESURE DE TEMPERATURE

INTRODUCTION.....	2
GENERALITES SUR LA MESURE DE TEMPERATURE.....	2
La température.....	2
Unités de mesure de température .....	3
Echelle de température.....	3
LES QUESTIONS A SE POSER POUR LE CHOIX D'UN CAPTEUR.....	4
GENERALITE SUR LES ERREURS DE MESURE.....	4
SONDES A RESISTANCE.....	6
INTRODUCTION.....	6
TECHNIQUES DE MESURE ET RACCORDEMENTS.....	7
ERREURS DE MESURE DES SONDES RESISTIVES.....	8
TOLERANCE DES CAPTEURS ET TEMPS DE REPONSE.....	9
NORMALISATION DES SONDES A RESISTANCE.....	9
Rappel de la relation entre la résistance et la température.....	9
Table de relation Résistance ( $\Omega$ ) / Température ( $^{\circ}\text{C}$ ).....	10
Tolérances d'interchangeabilité pour sondes à résistances.....	11
Code couleur des raccordements.....	12
THERMOCOUPLES.....	13
INTRODUCTION.....	13
TECHNIQUES DE MESURE ET RACCORDEMENTS .....	13
Thermocouples les plus courants. ....	14
Raccordement des thermocouples.....	16
Tolérance des thermocouples les plus courants .....	16
ERREURS DE MESURE DES THERMOCOUPLES.....	18

# INTRODUCTION

Sans doute l'une des grandeurs les plus importante dans le milieu industriel, **la température est mesurée par le biais d'un autre principe physique**. Il est donc essentiel de bien connaître les principales techniques de mesure et les principes physiques qui les permettent.



L'objectif de nos fiches techniques n'est pas de faire un cours théorique mais de permettre aux utilisateurs de comprendre les techniques de mesure et de **poser les questions essentielles** afin de pouvoir définir la méthode et le produit les mieux adaptés à leurs besoins.

*Nous vous invitons également à consulter toutes les autres fiches techniques qui rentrent dans des chapitres spécifiques.*

Concernant la mesure de température, **Thermatec Process Control** vous propose une **formation spécifique chez vous** afin de permettre à votre personnel d'acquérir les connaissances essentielles de l'une des mesure les plus importante d'un process industriel. Vous pouvez consulter notre **plan de formation sur ce site**.

## GENERALITES SUR LA MESURE DE TEMPERATURE

### La température



La température, au sens propre du terme, n'est pas mesurable. Une grandeur est directement mesurable quand nous pouvons la comparer à une autre grandeur connue de même nature, l'étalon. Ceci n'est pas faisable, il faut donc utiliser un autre moyen.

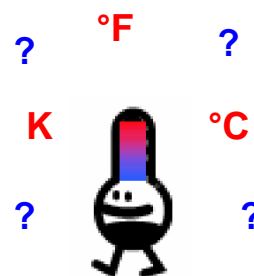
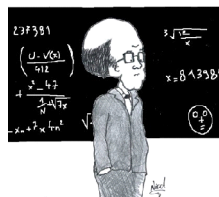
**Nous mesurerons donc la température grâce à son influence sur une autre grandeur physique tout en connaissant la loi de cette variation.**

## Unités de mesure de température

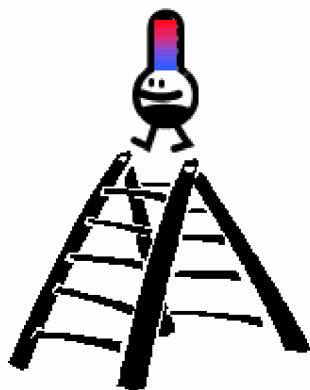
Si le degré Kelvin (K) est l'unité officielle de la température utilisé dans le milieu scientifique, le degré Celsius (°C) et le degré Fahrenheit (°F) sont plus largement utilisée pour exprimer la température.

### Conversions utiles :

- °C = K - 273.15
- °C = (°F - 32) / 1,8
- °F = (°C x 1.8) + 32



## Echelle de température



Une échelle de température à été mise au point, c'est l'« I.T.S. 90 » (Echelle Internationale de Température) qui a défini des points de référence fixe de température basés sur des phénomènes physiques de changement d'état d'un corps. Ces points sont plus particulièrement des points triples des points d'ébullition d'un corps et des points de congélation.

## Principales grandeurs physiques permettant la mesure

Les deux principales grandeurs physiques mesurées en milieu industriel pour exprimer une température sont :

- La résistance électrique, grâce aux sondes à résistance généralement utilisée pour des températures inférieure à 400°C  
(Voir la fiche technique « Sondes à Résistances »)
- La f.e.m. , grâce aux Thermocouples généralement utilisée pour des températures supérieure à 400°C  
(Voir la fiche technique « Thermocouples »)

D'autres solutions existe, comme les thermomètres bumétallique et le thermomètre a bulbe basé sur les phénomènes de dilatation, ou encore la pyrométrie Infra Rouge fonctionnant sur la mesure du rayonnement.

## LES QUESTIONS A SE POSER POUR LE CHOIX D'UN CAPTEUR

Avant toute chose il faut impérativement **exprimer son besoin en terme de capteur** sans encore parler du traitement du signal.

Ceci correspond à une très **simple analyse fonctionnelle du process** dans laquelle la connaissance du milieu à mesurer, des modes opératoires et des habitudes de productions sont essentiel.

Aucun fabricant de capteur ne peut connaître mieux que vous ces paramètres.

Il est recommandé de se poser les questions suivantes

- Quelle est la **plage de mesure couverte** ?
- Quelle est la **précision nécessaire** ?
- Quel est le **temps de réponse souhaitable** ?
- Le capteur doit il posséder un **élément de mesure démontable** ?
- Quels sont **les risques pour le capteur**
- Quel est le **point physique de mesure le plus approprié** ?.
- Quel est le **risque pour le process du fait de l'installation du capteur** ?
- Quel est le risque encouru **en cas de défaillance** ?
- Quelle est la **maintenance prévisible sur votre capteur** ?

## GENERALITE SUR LES ERREURS DE MESURE

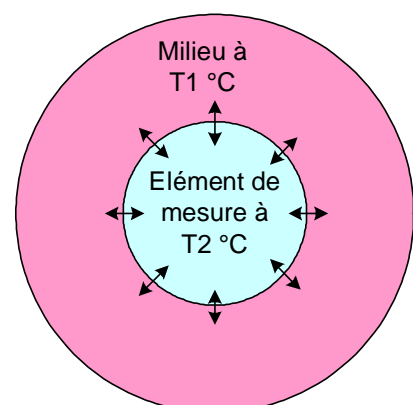
Nous abordons ici uniquement les **erreurs liées à l'installation et à l'environnement**.

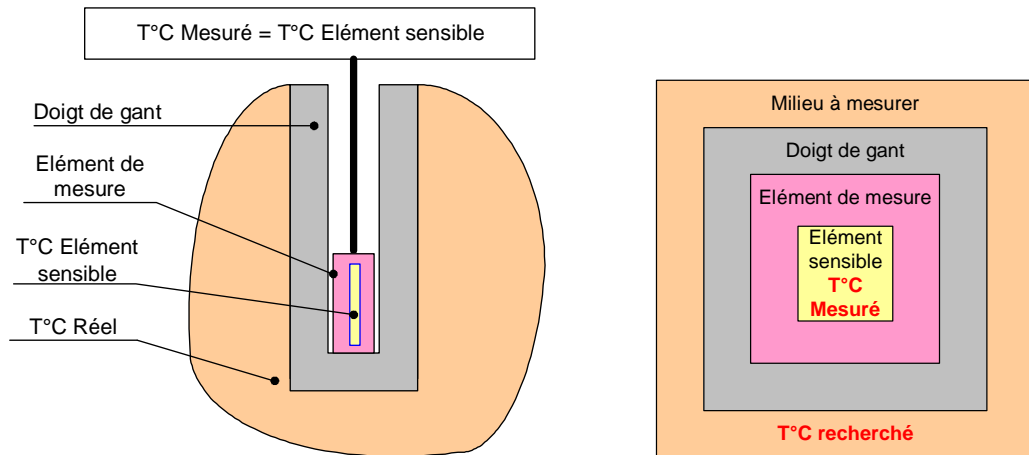
### Le transfert thermique

Une mesure de température nécessite un transfert de chaleur entre deux corps.

Entre un milieu à mesurer et l'élément de mesure.

**La mesure indiquée par un capteur de température dans un milieu donné est la température de l'élément de mesure et pas celle du milieu mesuré.**





Schématiquement, si l'on part de l'élément sensible qui indique la température, il y a **successivement échange de chaleur entre** :

Elément sensible et son environnement (c'est à dire l'élément de mesure)  
puis

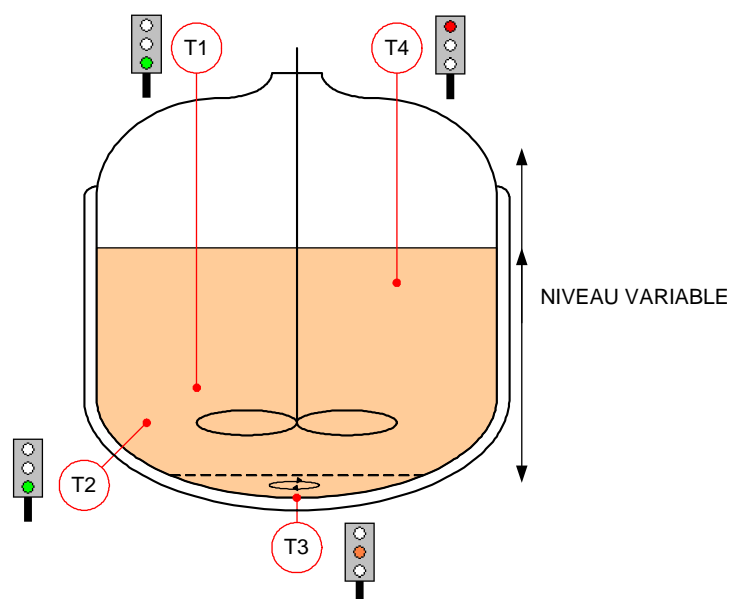
Elément de mesure et son environnement (c'est-à-dire le doigt de gant)  
puis

Doigt de gant et son environnement (c'est-à-dire le milieu à mesurer)

### L'emplacement du capteur.

Le choix de **l'emplacement du capteur est un point essentiel** pour obtenir une bonne mesure dans un process industriel.

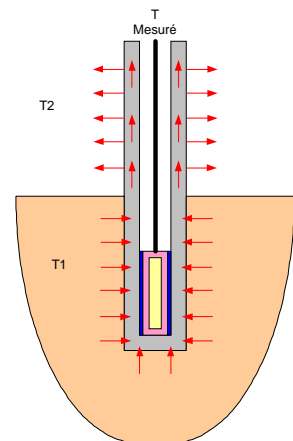
Dans certains cas, il est tout à fait courant et normal de trouver des écarts de plusieurs de degrés celcius dans un même process



## Pertes thermiques dues au doigt de gant.

Le support du capteur, son matériau et sa construction peuvent jouer un rôle important.

Un doigt de gant peut agir comme une pompe à chaleur et fausser considérablement la mesure.



## Les erreurs liées aux câblages et aux instruments externes.

Si c'est bien le capteur qui mesure la température, il ne faut pas oublier le circuit externe.

Ce point est généralement bien maîtrisé en milieu industriel avec des technologies de plus en plus sophistiquées et précises. Quelques contrôles simples permettent de connaître la dérive occasionnée.

**IL EST TOUTE FOIS ESSENTIEL**, de ne jamais oublier qu'en mesure de température, malgré l'importance prise par les appareils tels que les transmetteurs, les régulateurs ou les automates, **C'EST LE CAPTEUR ET SON IMPLANTATION QUI PERMETTERONS UNE BONNE MESURE**, vous pouvez avoir les instruments les plus sophistiqués existants, s'ils sont associés à un capteur non adapté ou mal implanté, la mesure sera mauvaise.

## SONDES A RESISTANCE

### INTRODUCTION

Ce type de sonde utilise le **principe de variation de la résistance** d'un fil (ou d'un film) de métal **en fonction de la température**.

Éléments de mesure



Ces produits sont normalisés et peuvent différer d'un pays à un autre mais aujourd'hui la norme CEI 751 est utilisée usuellement.

(Voir le chapitre «Normalisation des sondes à résistance»)

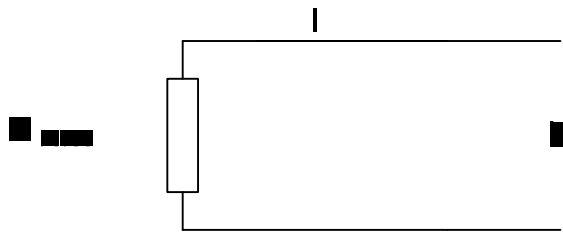
# TECHNIQUES DE MESURE ET RACCORDEMENTS

## Principe



La sonde à résistance se comprend très facilement.

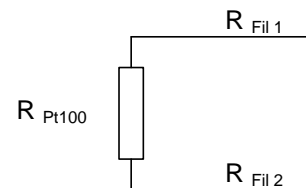
En effet, puisque nous savons qu'il y a une relation directe entre la résistance et la température il suffit de mesurer cette résistance pour en déduire la température.



Si l'on mesure, aux bornes de la Pt100, la différence de potentiel « U » générée par un courant « i » appliqué au circuit, on peut déduire la résistance « R » directement proportionnelle à la température selon la loi d'ohm  $U = R \times i$ .

## Technologie de raccordement 2 fils

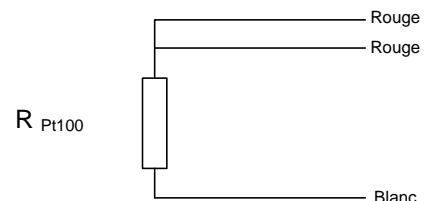
En raccordement 2 fils, montage le plus simple, la résistance globale mesurée R se compose en réalité de la somme des résistances du circuit, à savoir  $R_{Pt100} + R_{Fil 1} + R_{Fil 2}$



Suivant la nature et la longueur des fils, une **erreur de mesure** non négligeable peut être introduite.

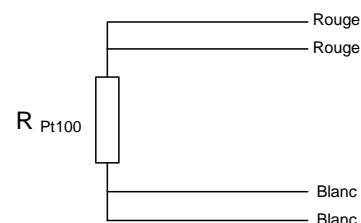
## Technologie de raccordement 3 fils

Cette technique, **la plus courante**, est généralement suffisante pour les applications dans l'industrie. Elle permet de limiter les erreurs induites par les fils.



## Technologie de raccordement 4 fils

Cette technique de mesure est **la plus précise** car la mesure n'est plus influencée par la résistance des fils.



## Raccordements particuliers

Dans certains cas, il est possible que l'on soit amené à raccorder une sonde Pt 100 sur une électronique qui ne correspond pas à la sonde en question (du point de vue de la technologie filaire).

## **ERREURS DE MESURE DES SONDRES RESISTIVES**

Les erreurs de mesure au niveau de sondes Pt 100 sont généralement négligeables si l'installation est correcte et le produit adapté.

La plupart des problèmes de mesure qui surviennent en milieu industriel sont généralement liés à l'inadéquation du capteur par rapport au process, à de mauvaises implantations, à de mauvais branchements et à des défaillances des électroniques associées.

Vous trouverez ci après une liste d'erreurs possibles en sachant qu'il faut principalement tenir compte de la résistance de ligne et des problèmes de transfert thermique.

### Erreur due à la résistance de ligne :

Voir chapitre raccordements.

### Transfert thermique :



La mesure indique la température au niveau de l'élément platine et non pas de celle du fluide à mesurer.

### Auto échauffement



Cet auto échauffement résulte de la dissipation d'une puissance entraînée par le courant de mesure circulant dans l'élément.

La puissance se traduit par la formule  $P = R \times I^2$ .

### Isolement



Une mauvaise isolation peut générer des erreurs de mesure, ce phénomène est toutefois très rare sur les sondes elles-mêmes.

### Tensions thermoélectriques



Des tensions thermoélectriques produites au niveau de point de jonction de métaux différents peuvent perturber la mesure

# TOLERANCE DES CAPTEURS ET TEMPS DE REPONSE



## Tolérance des capteurs

Les capteurs Pt 100 sont définis en termes de précision par le fabricant de l'élément sensible selon la norme CEI 751 (Voir la fiche technique «Normalisation des sondes à résistance»)

On peut principalement citer les sondes Classe A et Classe B qui à une température donnée T ont une tolérance de :

$$\Delta T = \pm (0.3^{\circ}\text{C} + 0.005 T) \text{ pour la classe B}$$

$$\Delta T = \pm (0.15^{\circ}\text{C} + 0.002 T) \text{ pour la classe A}$$

Il existe également des éléments 1/3 Classe B, 1/5 de Classe B et 1/10 de Classe B.

## Temps de réponse



Le temps de réponse du capteur peut s'avérer être une donnée importante. Ce temps de réponse correspond à la durée que nécessaire pour passer d'une température initiale à une température finale lorsqu'il est brutalement immergé dans un fluide

Ce temps de réponse est parfois donné par les constructeurs des éléments et parfois par les fabricants de capteur avec des essais effectués souvent dans des conditions spécifiques normalisées.

Il faut toutefois faire très attention car parfois les fabricants annonce des temps de réponse sur les éléments de mesure (élément démontable) qui n'ont plus rien à voir avec les temps de réponse réel après montage.

## NORMALISATION DES SONDES A RESISTANCE

Afin de simplifier l'utilisation des sondes à résistance et d'obtenir une interchangeabilité un certain nombre de points on été normalisés (CEI 751)

## Rappel de la relation entre la résistance et la température



$$R(t) = R_0 (1 + A.t + B.t^2 + C.(t - 100).t^3)$$

R(t) = Résistance de l'élément à la température t

R<sub>0</sub> = Résistance de l'élément à la température de 0°C

A = 3,90830 x 10<sup>-3</sup>

B = -5,77500 x 10<sup>-7</sup>

C pour la plage de température t entre -200°C et 0°C = -4.18301 x 10<sup>-12</sup>

C pour la plage de température t entre 0°C et + 850°C = 0

Un coefficient α est défini comme suivant  $\alpha = (R_{100} - R_0) / 100 \times R_0 = 0.00385 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

R<sub>100</sub> = résistance à 100°C et R<sub>0</sub> = résistance à 0°C

## Table de relation Résistance ( $\Omega$ ) / Température ( $^{\circ}\text{C}$ )

(Les valeurs de résistance ne tiennent pas compte des fils de liaison)

de 0°C à +399 sachant que la table continue jusqu'à + 850°C										
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100,00	100,39	100,78	101,17	101,56	101,95	102,34	102,73	103,12	103,51
10	103,90	104,29	104,68	105,07	105,46	105,85	106,24	106,63	107,02	107,40
20	107,79	108,18	108,57	108,96	109,35	109,73	110,12	110,51	110,90	111,29
30	111,67	112,06	112,45	112,83	113,22	113,61	114,00	114,38	114,77	115,15
40	115,54	115,93	116,31	116,70	117,08	117,47	117,86	118,24	118,63	119,01
50	119,40	119,78	120,17	120,55	120,94	121,32	121,71	122,09	122,47	122,86
60	123,24	123,63	124,01	124,39	124,78	125,16	125,54	125,93	126,31	126,69
70	127,08	127,46	127,84	128,22	128,61	128,99	129,37	129,75	130,13	130,52
80	130,90	131,28	131,66	132,04	132,42	132,80	133,18	133,57	133,95	134,33
90	134,71	135,09	135,47	135,85	136,23	136,61	136,99	137,37	137,75	138,13
100	138,51	138,88	139,26	139,64	140,02	140,40	140,78	141,16	141,54	141,91
110	142,29	142,67	143,05	143,43	143,80	144,18	144,56	144,94	145,31	145,69
120	146,07	146,44	146,82	147,20	147,57	147,95	148,33	148,70	149,08	149,46
130	149,80	150,21	150,58	150,96	151,33	151,71	152,08	152,46	152,83	153,21
140	153,58	153,96	154,33	154,71	155,08	155,46	155,83	156,20	156,58	156,95
150	157,25	157,70	158,07	158,45	158,82	159,19	159,56	159,94	160,31	160,68
160	161,05	161,43	161,80	162,17	162,54	162,91	163,29	163,66	164,03	164,40
170	164,63	165,14	165,51	165,89	166,26	166,63	167,00	167,37	167,74	168,11
180	168,48	168,85	169,22	169,59	169,96	170,33	170,70	171,07	171,43	171,80
190	171,91	172,54	172,91	173,28	173,65	174,02	174,38	174,75	175,12	175,49
200	175,52	176,22	176,59	176,96	177,33	177,69	178,06	178,43	178,79	179,16
210	179,53	179,89	180,26	180,63	180,99	181,36	181,72	182,09	182,46	182,82
220	182,65	183,55	183,92	184,28	184,65	185,01	185,38	185,74	186,11	186,47
230	186,84	187,20	187,56	187,93	188,29	188,66	189,02	189,38	189,75	190,11
240	189,66	190,84	191,20	191,56	191,92	192,29	192,65	193,01	193,37	193,74
250	194,10	194,46	194,82	195,18	195,55	195,91	196,27	196,63	196,99	197,35
260	196,54	198,07	198,43	198,79	199,15	199,51	199,87	200,23	200,59	200,95
270	201,31	201,67	202,03	202,39	202,75	203,11	203,47	203,83	204,19	204,55
280	203,25	205,26	205,62	205,98	206,34	206,70	207,05	207,41	207,77	208,13
290	206,55	208,84	209,20	209,56	209,91	210,27	210,63	210,98	211,34	211,70
300	212,05	212,41	212,76	213,12	213,48	213,83	214,19	214,54	214,90	215,25
310	212,99	215,96	216,32	216,67	217,03	217,38	217,74	218,09	218,44	218,80
320	219,15	219,51	219,86	220,21	220,57	220,92	221,27	221,63	221,98	222,33
330	219,23	223,04	223,39	223,74	224,09	224,45	224,80	225,15	225,50	225,85
340	226,21	226,56	226,91	227,26	227,61	227,96	228,31	228,66	229,02	229,37
350	225,23	230,07	230,42	230,77	231,12	231,47	231,82	232,17	232,52	232,87
360	233,21	233,56	233,91	234,26	234,61	234,96	235,31	235,66	236,00	236,35
370	230,98	237,05	237,40	237,74	238,09	238,44	238,79	239,13	239,48	239,83
380	240,18	240,52	240,87	241,22	241,56	241,91	242,26	242,60	242,95	243,29
390	243,64	243,99	244,33	244,68	245,02	245,37	245,71	246,06	246,40	246,75

**De -200 à 0°C**

°C	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
-200	18,52									
-190	22,83	22,40	21,97	21,54	21,11	20,68	20,25	19,82	19,38	18,95
-180	27,10	26,67	26,24	25,82	25,39	24,97	24,54	24,11	23,68	23,21
-170	31,34	30,91	30,49	30,07	29,64	29,22	28,80	28,37	27,95	27,49
-160	35,54	35,12	34,70	34,28	33,86	33,44	33,02	32,60	32,18	31,70
-150	39,72	39,31	38,89	38,47	38,05	37,64	37,22	36,80	36,38	35,90
-140	43,88	43,46	43,05	42,63	42,22	41,80	41,39	40,97	40,56	40,06
-130	48,00	47,59	47,18	46,77	46,36	45,94	45,53	45,12	44,70	44,21
-120	52,11	51,70	51,29	50,88	50,47	50,06	49,65	49,24	48,83	48,34
-110	56,19	55,79	55,38	54,97	54,56	54,15	53,75	53,34	52,93	52,45
-100	60,26	59,85	59,44	59,04	58,63	58,23	57,82	57,41	57,01	56,54
-90	64,30	63,90	63,49	63,09	62,68	62,28	61,88	61,47	61,07	60,60
-80	68,33	67,92	67,52	67,12	66,72	66,31	65,91	65,51	65,11	64,65
-70	72,33	71,93	71,53	71,13	70,73	70,33	69,93	69,53	69,13	68,68
-60	76,33	75,93	75,53	75,13	74,73	74,33	73,93	73,53	73,13	72,69
-50	80,31	79,91	79,51	79,11	78,72	78,32	77,92	77,52	77,12	76,68
-40	84,27	83,87	83,48	83,08	82,69	82,29	81,89	81,50	81,10	80,65
-30	88,22	87,83	87,43	87,04	86,64	86,25	85,85	85,46	85,06	84,61
-20	92,16	91,77	91,37	90,98	90,59	90,19	89,80	89,40	89,01	88,57
-10	96,09	95,69	95,30	94,91	94,52	94,12	93,73	93,34	92,95	92,52
0	100,00	99,61	99,22	98,83	98,44	98,04	97,65	97,26	96,87	96,46

## Tolérances d'interchangeabilité pour sondes à résistances



Rappel des formules de calcul pour la tolérance  $\Delta T$  à une température T

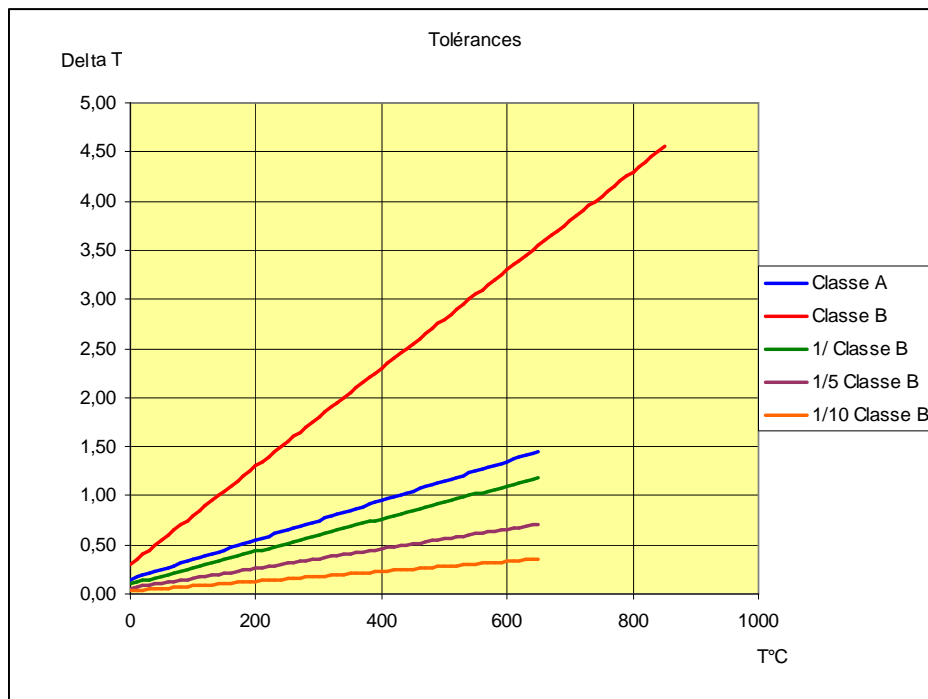
Pour la classe B  $\Delta T = \pm (0.3^\circ\text{C} + 0.005 T)$  valable de -200 à +850°C

Pour la classe A  $\Delta T = \pm (0.15^\circ\text{C} + 0.002 T)$  valable de -200 à +650°C

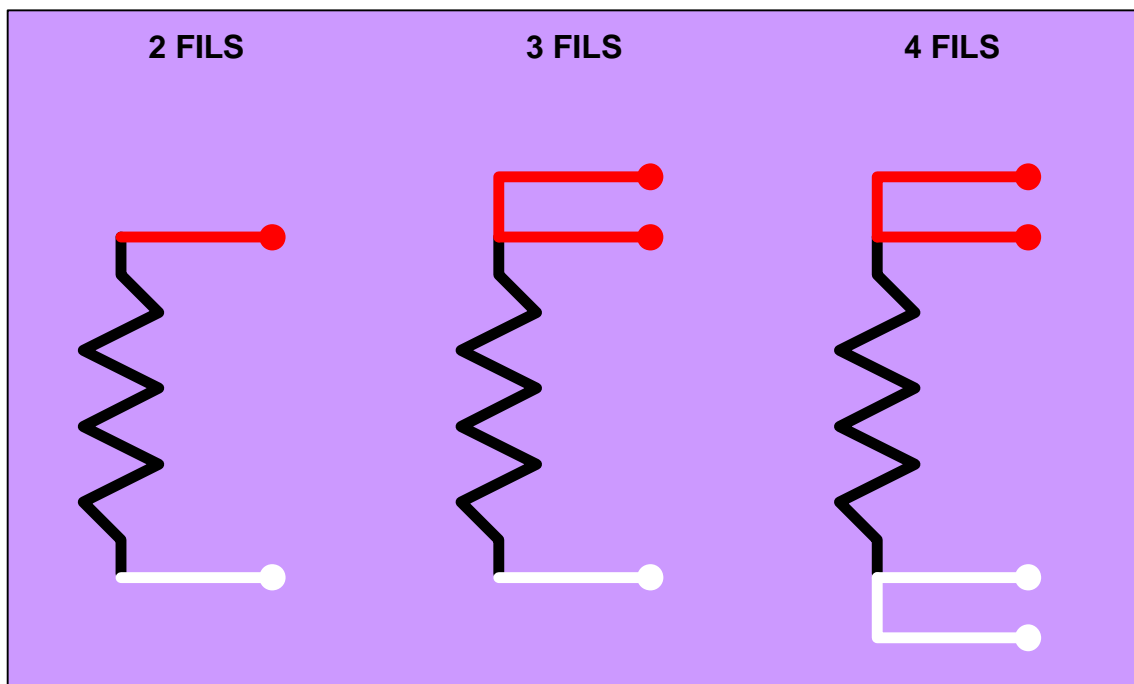
### Quelques valeurs repère

T°C	$\Delta T (+/- \text{ }^\circ\text{C})$ Classe A	$\Delta T (+/- \text{ }^\circ\text{C})$ Classe B	$\Delta T (+/- \text{ }^\circ\text{C})$ 1/3 Classe B	$\Delta T (+/- \text{ }^\circ\text{C})$ 1/5 Classe B	$\Delta T (+/- \text{ }^\circ\text{C})$ 1/10 Classe B
0	0,15	0,30	0,10	0,06	0,03
20	0,19	0,40	0,13	0,08	0,04
40	0,23	0,50	0,17	0,10	0,05
60	0,27	0,60	0,20	0,12	0,06
80	0,31	0,70	0,23	0,14	0,07
100	0,35	0,80	0,27	0,16	0,08
120	0,39	0,90	0,30	0,18	0,09
140	0,43	1,00	0,33	0,20	0,10
160	0,47	1,10	0,37	0,22	0,11
180	0,51	1,20	0,40	0,24	0,12
200	0,55	1,30	0,43	0,26	0,13

## Courbes de tolérance

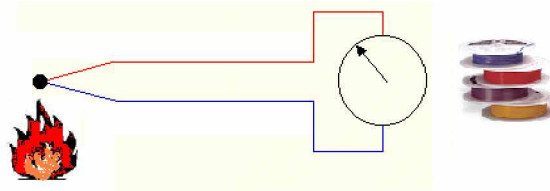


## Code couleur des raccordements



# THERMOCOUPLES

## INTRODUCTION



**2 conducteurs de matériau différent soudés ensemble à un bout** et soumis un gradient de température génère à leurs extrémités **une tension dépendante de la température** et du choix des deux matériaux.

## TECHNIQUES DE MESURE ET RACCORDEMENTS

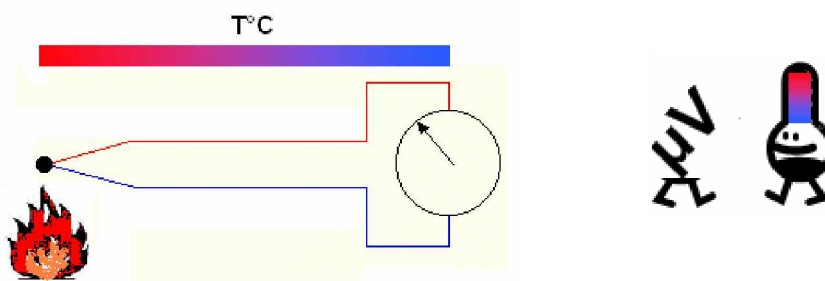


### Principe

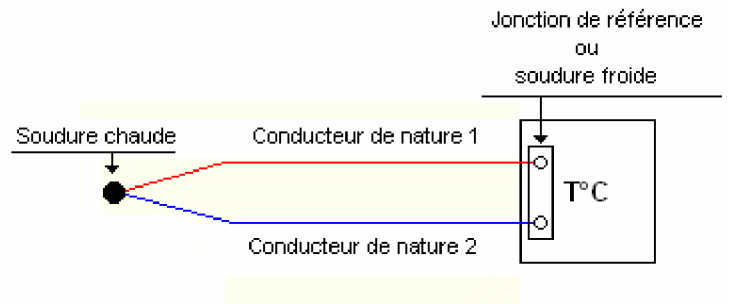


Si un écart de température est présent le long d'un fil métallique, il se produit un transfert de charge dépendant des caractéristiques du matériau. La conversion d'énergie génère à l'intérieur de ce conducteur une f.e.m. dont l'importance et le sens dépendent du matériau, de la direction et du gradient de température.

C'est pour cela que l'on utilise l'effet thermoélectrique avec 2 conducteurs soudés ensemble à l'une de leur extrémité. On obtient alors une tension mesurable aux extrémités libres en présence d'un gradient de température.



Un thermocouple produit une **f.e.m. en relation avec la différence de température**.  
Au niveau de ses jonctions.



Lorsque la **température de la soudure froide est connue et fixe**, celle de la soudure chaude pourra être connue par la mesure de tension obtenue.  
Si la température de la soudure froide ne peut être connue et constante, elle devra être mesurée à l'aide d'un autre moyen.

**Mais grâce aux électroniques actuelles, ces problèmes sont résolus, en effet elles compensent la soudure froide grâce à une thermistance et corrigent les non linéarités des courbes de f.e.m. selon des tables de référence.**



## Thermocouples les plus courants.

Un certain nombre de conducteurs peuvent être associés pour former des thermocouples.

Au fil du temps, une sélection de combinaisons s'est imposée formant les gammes de thermocouples utilisés actuellement et identifiés par un symbole.

Une des normalisation, la CEI 584.1, est une table de référence de 8 produits classés dans deux catégories, ceux à base de métaux précieux, habituellement plus stables et couvrant une plage de mesure plus étendue, et ceux à base de métaux plus communs qui ont par contre une f.e.m. plus élevé.





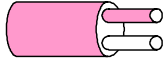





Tableau synthétique des thermocouples

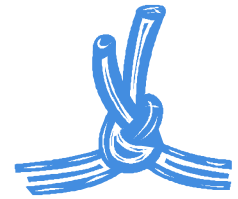
METAUX COMMUNS					
Symbole	Combinaison	Polarité	Couleur gaine	Couleur Fils	Domaine* de T°C des conducteurs
J	Fe	+	Noir	Noir	-210 / +1200
	Cu-Ni	-		Blanc	
K	Ni-Cr	+	Vert	Vert	-270 / +1370
	Ni-Al	-		Blanc	
T	Cu	+	Marron	Marron	-270 / +400
	Cu-Ni	-		Blanc	
E	Ni-Cr	+	Violet	Violet	-270 / +1000
	Cu-Ni	-		Blanc	
N	Ni-Cr-Si	+	Mauve	Mauve	-270 / +1300
	Ni-Si	-		Blanc	
METAUX PRECIEUX A BASE DE PLATINE					
Symbole	Combinaison	Polarité	Couleur gaine	Couleur Fils	Domaine* de T°C des conducteurs
S	Pt10%Rh	+	Orange	Orange	-50 / +1760
	Pt	-		Blanc	
R	Pt13%Rh	+	Orange	Orange	-50 / +1760
	Pt	-		Blanc	
B	Pt30%Rh	+	Gris	Gris	0 / +1820
	Pt6%Rh	-		Blanc	

(\*) Les températures indiquées sont des valeurs de domaine et ne peuvent pas être considérées comme des limites réelles.

Possibles avantages et inconvénients des couples de base

THERMOCOUPLE	Plage T°C en continu	Plage T°C en pointe	Points faibles	Point forts
J 	20 à 700	-180 à 750	Fragile à basse température Dégradé en milieu oxydant > 400°C Sensible à l'humidité (Oxydation Fer)	Très bonne tenue en milieu réducteur
K 	0 à 1100	-180 à 1300	f.e.m. instable dans le temps Dérive très rapide au delà de 800°C	Bon en milieu oxydant Bonne plage de mesure Bon marché
T 	-185 à 300	-250 à 400	Limité en haute températures Fuite thermique due au cuivre	Bien adapté aux basse températures Très bonne précision (voir tolérances)
E 	0 à 800	-40 à 900	Son point fort qui était un atout au début est réduit par les progrès fait sur les électroniques	f.e.m. élevée
N 	0 à 1150	-270 à 1300	Peu connu Voir remarque sous le tableau	Bonne stabilité à haute T°C Bon en milieu oxydant Bonne tenue aux cycles thermiques
S 	0 à 1550	0 à 1700	Facilement contaminé, nécessite souvent une protection.	Résiste bien à l'oxydation Bonne précision (voir tolérances) Tenue à haute températures
R 	0 à 1600	0 à 1700	Identique au S	Identique au S avec une f.e.m plus élevé et une stabilité plus forte
B 	100 à 1600	0 à 1800	Identique au S et au R mais f.e.m. plus basse	Identique au S et au R avec une possibilité de pointe à 1800°C

## Raccordement des thermocouples



Afin de prolonger un thermocouple jusqu'au dispositif de mesure il est important d'utiliser un câble (et des connecteurs) ayant des propriétés identique aux câbles du thermocouple.

Il est possible d'utiliser :

- un **câble d'extension**.
- un **câble de compensation**.

### Câble d'extension ou câble de compensation?




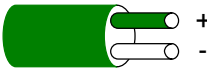


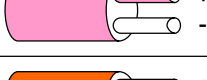



**Le câble d'extension** (même matériau que le thermocouple) limite le risque d'erreur. Il offre également deux classes de tolérance possible.

**Le câble de compensation** est bien moins cher et a des caractéristiques identiques au thermocouple **exclusivement dans une certaine plage de température**,



### Tolérance des thermocouples les plus courants





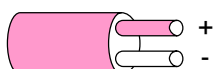


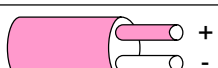
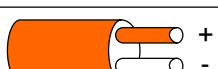
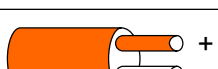


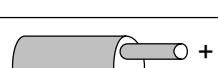
La norme CEI 584.2 donne l'écart maximum admissible en °C dans des plages de température.

THERMOCOUPLE	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
J 	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ de $-40$ à $375^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.004 \times t$ de $375^{\circ}\text{C}$ à $750^{\circ}\text{C}$	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ de $-40$ à $333^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.0075 \times t$ de $333^{\circ}\text{C}$ à $750^{\circ}\text{C}$	
K 	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ de $-40$ à $375^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.004 \times t$ de $375^{\circ}\text{C}$ à $1000^{\circ}\text{C}$	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ de $-40$ à $333^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.0075 \times t$ de $333^{\circ}\text{C}$ à $1200^{\circ}\text{C}$	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ de $-167$ à $40^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.015 \times t$ de $-200^{\circ}\text{C}$ à $-167^{\circ}\text{C}$
T 	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ de $-40$ à $125^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.004 \times t$ de $125^{\circ}\text{C}$ à $350^{\circ}\text{C}$	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ de $-40$ à $133^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.0075 \times t$ de $133^{\circ}\text{C}$ à $350^{\circ}\text{C}$	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ de $-67$ à $40^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.015 \times t$ de $-200^{\circ}\text{C}$ à $-67^{\circ}\text{C}$
E 	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ de $-40$ à $375^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.004 \times t$ de $375^{\circ}\text{C}$ à $800^{\circ}\text{C}$	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ de $-40$ à $333^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.0075 \times t$ de $333^{\circ}\text{C}$ à $900^{\circ}\text{C}$	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ de $-167$ à $40^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.015 \times t$ de $-200^{\circ}\text{C}$ à $-167^{\circ}\text{C}$
N 	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ de $-40$ à $375^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.004 \times t$ de $375^{\circ}\text{C}$ à $1000^{\circ}\text{C}$	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ de $-40$ à $333^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.0075 \times t$ de $333^{\circ}\text{C}$ à $1200^{\circ}\text{C}$	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ de $-167$ à $40^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.015 \times t$ de $-200^{\circ}\text{C}$ à $-167^{\circ}\text{C}$
S 	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ de $0$ à $1100^{\circ}\text{C}$ $\pm (1+0.003 \times (t-1100))$ °C de $1100^{\circ}\text{C}$ à $1600^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ de $0$ à $600^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.0025 \times t$ °C de $600^{\circ}\text{C}$ à $1600^{\circ}\text{C}$	
R 	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ de $0$ à $1100^{\circ}\text{C}$ $\pm (1+0.003 \times (t-1100))$ °C de $1100^{\circ}\text{C}$ à $1600^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ de $0$ à $600^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.0025 \times t$ °C de $600^{\circ}\text{C}$ à $1600^{\circ}\text{C}$	
B 		$\pm 0.0025 \times t$ °C de $600^{\circ}\text{C}$ à $1700^{\circ}\text{C}$	$\pm 4^{\circ}\text{C}$ de $600$ à $800^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.005 \times t$ °C de $800^{\circ}\text{C}$ à $1700^{\circ}\text{C}$

## Tolérance des câbles d'extension et de compensation



Les tolérances indiquées ci-dessous ne tiennent pas compte de la nature des isolants utilisés.

REPERAGE	TYPE	CLASSE 1	CLASSE 2	Plage de température du câble	Température maximum de la jonction
J 	JX (Extension)	± 1.5 °C	± 2.5 °C	- 25 à 200°C	500 °C
K 	KX (Extension)	± 1.5 °C	± 2.5 °C	- 25 à 200°C	900 °C
T 	TX (Extension)	± 0.5 °C	± 1 °C	- 25 à 100°C	300 °C
E 	EX (Extension)	± 1.5 °C	± 2.5 °C	- 25 à 200°C	500 °C
N 	NX (Extension)	± 1.5 °C	± 2.5 °C	- 25 à 200°C	900 °C
K 	KCA (Compensation)		± 2.5 °C	0 à 150°C	900 °C
K 	KCB (Compensation)		± 2.5 °C	0 à 100°C	900 °C
N 	NC (Compensation)		± 2.5 °C	0 à 150°C	900 °C
S 	SCA (Compensation)		± 2.5 °C	0 à 100°C	1000 °C
S 	SCB (Compensation)		± 5 °C	0 à 200°C	1000 °C
R 	RCA (Compensation)		± 2.5 °C	0 à 100°C	1000 °C
R 	RCB (Compensation)		± 5 °C	0 à 200°C	1000 °C
B 	BC (Compensation)				



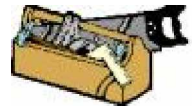
## ERREURS DE MESURE DES THERMOCOUPLES

Les erreurs de mesure des thermocouples peuvent être liées à différents paramètres.

On peut notamment citer :

- Le vieillissement du thermocouple lui-même (stabilité).
- Une modification de la composition chimique
- Des cycles de température fréquents
- Des diffusions de vapeurs métalliques
- Un mauvais choix de câble de liaison
- Un raccordement non compensé
- Un court circuit
- Un défaut d'isolement des fils entre eux
- Une inadéquation entre le thermocouple et l'appareil de mesure.

Les données ci après peuvent vous aider en cas de constatations de défaut.



L'indicateur affiche la valeur de température mais avec le mauvais signe  
>>> Inversion de la polarité

L'indicateur affiche la valeur de température ambiante  
>>> Court circuit sur la ligne en zone de température ambiante

L'indicateur affiche une température avec un léger décalage constant  
>>> Mauvaise compensation de soudure froide

L'indicateur affiche une température avec un grand décalage  
>>> Inversion du raccordement des polarités du câble de liaison  
>>> Inadéquation dans la chaîne thermocouple / câble de liaison / appareil de mesure  
>>> Problème de linéarisation de l'appareil de mesure.

Dérive de la mesure malgré que le process soit à température constante  
>>> Variation de la température au point de jonction.  
>>> Pas de compensation de soudure froide.



**THERMATEC PROCESS CONTROL**  
Mesure de Température

Distributeur exclusif de **TiTEC**  
TEMPERATURMESSTECHNIK GmbH  
[www.titec-gmbh.de](http://www.titec-gmbh.de)

**Thermatec Process Control**

1 Place de la Fontaine  
67700 Saint Jean Saverne  
Tel. 00 33 (0)3 88 71 29 81  
Fax. 00 33 (0)3 88 71 29 81

PW001A F