



# THERMOCOUPLES - STRUCTURE ET APPLICATION

## Effet thermoélectrique

Le principe de fonctionnement des thermocouples est essentiellement basé sur l'effet **SEEBECK**. Lorsqu'un écart de température se produit le long d'un fil, il se produit un transfert de charge. L'importance du transfert de charge dépend des caractéristiques électriques du matériau choisi. Lorsque deux fils de matériaux différents sont soudés sur un côté et qu'un écart de température se produit, une tension se forme aux deux extrémités libres. Cette tension dépend de l'écart de température le long des deux fils. Pour mesurer la température au point de jonction, il faut que la température soit connue à l'extrémité libre. Lorsque la température de l'extrémité du couple est inconnue, l'extrémité doit être prolongée par un câble de compensation jusqu'à une zone de température connue (point de compensation).

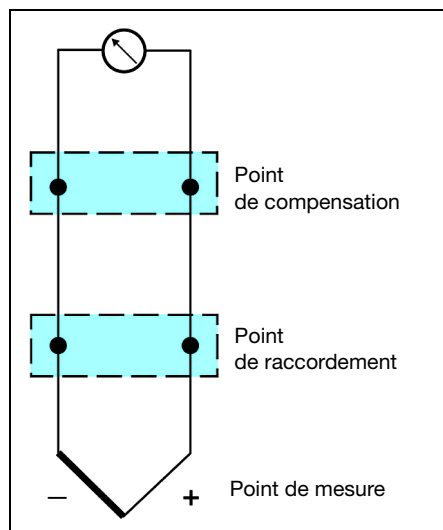


Figure 1 : principe de mesure.

La température du point de compensation doit être connue et constante. Si la température du point de compensation n'est pas constante ou si elle n'est pas connue, sa température doit être mesurée au moyen d'un second capteur.

## Thermocouples suivant EN 60 584 et DIN 43 710

Parmi la très grande variété de combinaisons de métaux possibles, certaines ont été sélectionnées (tab. 1 et 2) et les forces électromotrices ainsi que les tolérances correspondantes ont été normalisées (fig. 2 et tab. 3 et 4).

Il convient de remarquer que deux thermocouples du type Fe-CuNi (types "J" et "L") et Cu-CuNi (types "T" et "U") sont définis dans les normes EN 60 584 et DIN 43 710.

Les "anciens" couples "L" et "U" sont de moins en moins utilisés par rapport aux couples "J" et "T" suivant EN 60 584.

En raison de leurs alliages différents, ces

Couple	Température maximale	Définie jusqu'à	Branche +	Branche -
Fe-CuNi „J“	750°C	1200°C	noir	blanc
Cu-CuNi „T“	350°C	400°C	marron	blanc
NiCr-Ni „K“	1200°C	1370°C	vert	blanc
NiCr-CuNi „E“	900°C	1000°C	violet	blanc
NiCrSi-NiSi „N“	1200°C	1300°C	mauve	blanc
Pt10Rh-Pt „S“	1600°C	1540°C	orange	blanc
Pt13Rh-Pt „R“	1600°C	1760°C	orange	blanc
Pt30Rh-Pt6Rh „B“	1700°C	1820°C	pas d'indication	blanc

Tableau 1 : thermocouples suivant EN 60 584.

Couple	Température maximale*	Définie jusqu'à	Branche +	Branche -
Fe-CuNi „L“	700°C	900°C	rouge	bleu
Cu-CuNi „U“	400°C	600°C	rouge	marron

\* Température constante de l'air pur

Tableau 2 : thermocouples suivant DIN 43 710

couples ne sont pas compatibles ; si l'on raccorde un couple Fe-CuNi du type "L" à une linéarisation selon la caractéristique du type "J", des erreurs allant jusqu'à plusieurs Kelvin se produisent du fait de la différence de force électromotrice. Ceci est également valable pour les couples des types "U" et "T".

La température max. est la valeur jusqu'à laquelle les tolérances ont été définies.

Dans la colonne "Définie jusqu'à", on trouve les valeurs max. pour lesquelles la force électromotrice a été normalisée.

Pour tous les thermocouple cités, c'est toujours la branche, nommée en première position, qui est positive. Le code des couleurs s'applique aussi bien aux thermocouples proprement dits qu'aux câbles de compensation. Les caractéristiques suivantes permettent d'identifier les fils de couple s'il n'y a pas de repérage couleur :

Fe-CuNi : la branche positive est magnétique

Cu-CuNi : la branche positive est de couleur cuivre

NiCr-Ni : la branche négative est magnétique

PtRh-Pt : la branche négative est plus molle.

Ceci n'est pas valable pour les câbles de compensation.

Des matériaux céramiques sont employés pour isoler les thermocouples dans leur armature de protection.

Les matériaux PVC, silicone, PTFE ou soie de verre sont utilisés pour les câbles.

## Tolérances

Trois classes de tolérances valables au départ de l'usine, généralement applicables pour les câbles thermoélectriques de 0,25 à 3 mm de diamètre et pour les thermocouples ont été définies par la norme EN 60 584. Ces classes de tolérances ne donnent aucune in-

dication quant au vieillissement ultérieur des thermocouples car celui-ci dépend beaucoup des conditions d'utilisation. L'erreur maximale tolérable dans les classes de précision dépend soit de la température d'utilisation, soit d'une valeur minimale. Il convient de prendre en compte la plus grande de ces deux valeurs (voir tableaux 3 et 4). Est valable la valeur la plus forte.

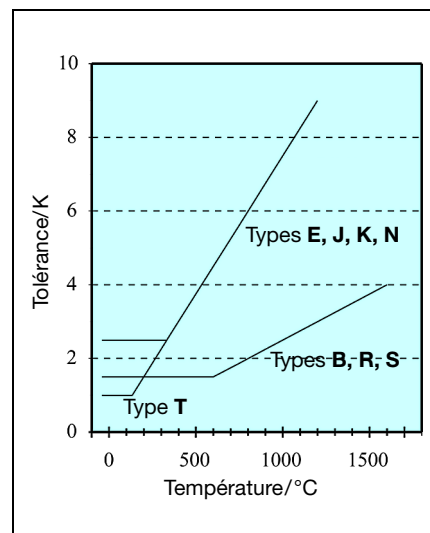


Figure 2 : écarts limites

## Linéarité

La tension générée par un thermocouple n'est pas linéaire par rapport à la température et doit donc être linéarisée par l'appareil électronique situé en aval. Pour les appareils numériques, les courbes de linéarisation sont déjà programmées d'office ou alors des points d'inflexion doivent être programmés par l'utilisateur. Pour les instruments à cadran, on trouve souvent des graduations non linéaires. Les caractéristiques des thermo-



couples (fig. 3) sont définies par les forces électromotrices de façon à garantir l'interchangeabilité des thermocouples de même type.

Cela signifie qu'un thermocouple Fe-CuNi du type "J", par exemple, peut être remplacé par n'importe quel élément du même type, quel qu'en soit le fabricant, sans qu'il soit nécessaire de réétalonner les appareils raccordés.

### Câbles de compensation suivant EN ou DIN

Les propriétés mécaniques et électriques des câbles de compensation pour thermocouples sont définies par les normes

EN 60 584 et DIN 43 714. Ils sont réalisés dans le même matériau que le couple (câbles d'extension) ou dans des matériaux spéciaux ayant les mêmes propriétés thermoélectriques dans des plages de températures restreintes (câbles de compensation). Pour certains matériaux, l'utilisation de câbles de compensation évite la majoration de prix due aux métaux précieux employés.

Les câbles de compensation sont constitués de brins torsadés. Pour les identifier, on a établi un code alpha-couleurs :

- 1<sup>ère</sup> lettre : code du couple suivant la norme
- 2<sup>ème</sup> lettre : X: matériau identique à celui du couple suivant la norme  
C: matériau spécial
- 3<sup>ème</sup> lettre : en cas d'utilisation de plusieurs types de câble de compensation, pour les différencier.

Exemple :

KX : câble d'extension pour couple NiCr-Ni, type "K" dans le même matériau que le couple

RCA : câble de compensation pour couple PtRh-Pt, type „R“ en matériau spécial, type A.

Les classes de tolérances 1 et 2 sont définies pour les câbles de compensation. La classe 1, avec des tolérances plus serrées, peut seulement être atteinte avec des câbles d'extension réalisés dans le même matériau que le couple, donc du type X. En exécution standard, on livre des câbles de compensation classe 2. Les tolérances définies pour les différentes classes de câbles de compensation sont indiquées dans le tableau 5.

Dans ce tableau, la plage de température d'utilisation définit les températures auxquelles l'ensemble du câble, y compris le point de raccordement sur le couple, peut être exposé sans dépasser les tolérances indiquées. En raison de la non-linéarité des forces électromotrices, les écarts limites indiqués en mV ou

Couple	Classes de tolérance		
Fe-CuNi „J“	Classe 1	- 40 à + 750 °C :	±0,004 x t ou ±1,5 K
	Classe 2	- 40 à + 750 °C :	±0,0075 x t ou ±2,5 K
	Classe 3		
Cu-CuNi „T“	Classe 1	- 40 à + 350°C :	±0,004 x t ou ±0,5 K
	Classe 2	- 40 à + 350°C :	±0,0075 x t ou ±1,0 K
	Classe 3	-200 à + 40 °C :	±0,0015 x t ou ±1,0 K
Ni-CrNi et NiCrSi-NiSi „K“	Classe 1	- 40 à +1000°C :	±0,004 x t ou ±1,5 K
	Classe 2	- 40 à +1200°C :	±0,0075 x t ou ±2,5 K
NiCrSi-NiSi „N“	Classe 3	-200 à + 40 °C :	±0,015 x t ou ±2,5 K
NiCr-CuNi „E“	Classe 1	- 40 à + 800 °C :	±0,004 x t ou ±1,5 K
	Classe 2	- 40 à + 900 °C :	±0,0075 x t ou ±2,5 K
	Classe 3	-200 à + 40 °C :	±0,015 x t ou ±2,5 K
Pt10Rh-Pt et Pt13Rh-Pt „S“	Classe 1	0 à 1600°C :	±[1+(t-1100) x 0,003] ou ±1,0 K
	Classe 2	- 40 à +1600°C :	±0,0025 x t ou ±1,5 K
Pt30Rh-Pt6Rh „B“	Classe 1		
	Classe 2	600 à 1700°C :	±0,0025 x t ou ±1,5 K
	Classe 3	600 à 1700°C :	±0,005 x t ou ±4,0 K

Tableau 3 : écarts limites suivant EN 60 584

Couple	Tolérances
Cu-CuNi „U“	100 à 400 °C : ±3K
	400 à 600 °C : ±0,0075 x t
Fe-CuNi „L“	100 à 400 °C : ±3K
	400 à 900 °C : ±0,0075 x t

Tableau 4 : tolérances suivant DIN 43 710, mise à jour 1977

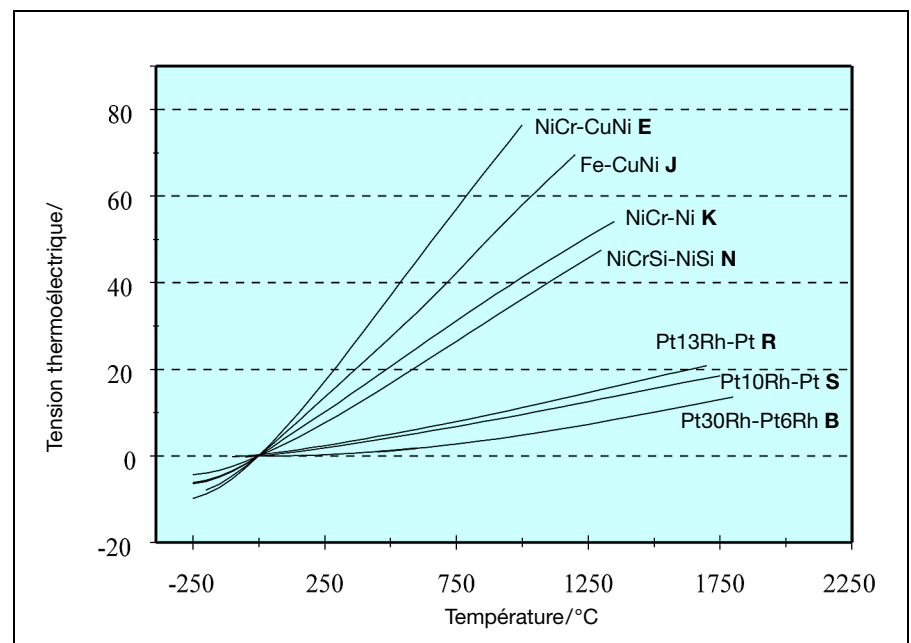


Figure 3 : caractéristiques de thermocouples suivant EN 60 584

en K sont uniquement valables pour les températures indiquées dans la colonne de droite.

Prenons un exemple concret :

Un thermocouple, type „J“, est raccordé à un câble d'extension, type JX, classe 2. Si la

température mesurée de 500 °C est constante et si la température sur les bornes ou sur le câble de compensation varie de -25 à +200° C, l'erreur provoquée n'excédera pas ±2,5 K.

### Code des couleurs



## pour câbles de compensation

Le code des couleurs des câbles de compensation est défini par les normes EN 60 584 et DIN 43 713 (projet de 1990). Les règles suivantes sont appliquées pour les couples suivant la norme EN 60 584 (tab. 6) : La branche + a la même couleur que la gaine, la branche - est blanche. Toutefois, le code des couleurs est différent pour les "anciens" couples, type „L“ et „U“ suivant DIN 43 713 (tab. 7).

Aucune indication n'est donnée pour le couple Pt30Rh-Pt6Rh, type B. Pour ce type, les câbles de raccordement en cuivre disponibles sur le marché (cuivre nu) peuvent être utilisés comme câbles de compensation.

Conformément à la norme DIN 43 714, les brins des câbles sont torsadés pour assurer le blindage électromagnétique. De plus, le blindage peut être renforcé par un film métallique ou par une tresse. La résistance d'isolement des brins entre eux et par rapport à la gaine ne doit pas être inférieure à  $10^7 \Omega \times m^{-1}$  à la température maximale. La tension de claquage est supérieure à 500 V AC.

Parallèlement à ce code de couleurs applicable aux câbles de compensation, il en existe encore un autre suivant DIN 43 714 datant de 1979 (tab. 8). Il existe quelques divergences entre ces deux codes.

S'il n'y a pas de repérage par les couleurs, les différences caractéristiques, telles que „comportement magnétique“, „couleur“, „résistance“ des couples ne sont pas utilisables pour les câbles.

Pour les câbles de compensation, types „KCA“ et „KCB“, contrairement au câble d'extension, type „KX“ et au couple, type „K“, c'est la branche positive qui est magnétique.

Couple et type de fil	Classes de tolérance [K]		Plage de température d'utilisation [°C]	Température de mesure [°C]
	1	2		
„JX“	± 85µV/±1,5K	± 140µV/±2,5K	-25 à +200	500
„TX“	± 30µV/±0,5K	± 60µV/±1,0K	-25 à +100	300
„EX“	± 120µV/±1,5K	± 200µV/±2,5K	-25 à +200	500
„KX“	± 60µV/±1,5K	± 100µV/±2,5K	-25 à +200	900
„NX“	± 60µV/±1,5K	± 100µV/±2,5K	-25 à +200	900
„KCA“	-	± 100µV/±2,5K	0 à +150	900
„KCB“	-	± 100µV/±2,5K	0 à +100	900
„NC“	-	± 100µV/±2,5K	0 à +150	900
„RCA“	-	± 30µV/±2,5K	0 à +100	1000
„RCB“	-	± 60µV/±5,0K	0 à +200	1000
„SCA“	-	± 30µV/±2,5K	0 à +100	1000
„SCB“	-	± 60µV/±5,0K	0 à +200	1000

Tableau 5 : tolérances des câbles thermoélectriques et de compensation

Couple	Type	Gaine	Branche +	Branche -
Cu-CuNi	„T“	marron	marron	blanc
Fe-CuNi	„J“	noir	noir	blanc
NiCr-Ni	„K“	vert	vert	blanc
NiCrSi-NiSi	„N“	mauve	mauve	blanc
NiCr-CuNi	„E“	violet	violet	blanc
Pt10Rh-Pt	„S“	orange	orange	blanc
Pt13Rh-Pt	„R“	orange	orange	blanc

Tableau 6 : code des couleurs des thermocouples suivant EN 60 584

Couple	Type	Gaine	Branche +	Branche -
Fe-CuNi	„L“	bleu	rouge	bleu
Cu-CuNi	„U“	marron	rouge	marron

Tableau 7 : code des couleurs des thermocouples suivant DIN 43 713

Couple	Type	Gaine	Branche +	Branche -
NiCr-Ni	„K“	vert	rouge	vert
Pt10Rh-Pt	„S“	blanc	rouge	blanc
Pt13Rh-Pt	„R“	blanc	rouge	blanc

Tableau 8 : code des couleurs des thermocouples suivant DIN 43 714, mise à jour 1979

**JUMO GmbH & Co. KG**  
 Adresse de livraison :  
 Mackenrodtstraße 14,  
 36039 Fulda, Allemagne  
 Adresse postale :  
 36035 Fulda, Allemagne  
 Tél. : +49 661 6003-0  
 Fax : +49 661 6003-607  
 E-Mail : mail@jumo.net  
 Internet : www.jumo.net

**JUMO Régulation SAS**  
 Actipôle Borny  
 7 rue des Drapiers  
 B.P. 45200  
 57075 Metz - Cedex 3, France  
 Tél. : +33 3 87 37 53 00  
 Fax : +33 3 87 37 89 00  
 E-Mail : info@jumo.net  
 Internet : www.jumo.fr

**JUMO AUTOMATION**  
 S.P.R.L. / P.G.M.B.H. / B.V.B.A  
 Industriestraße 18  
 4700 Eupen, Belgique  
 Tél. : +32 87 59 53 00  
 Fax : +32 87 74 02 03  
 E-Mail : info@jumo.be  
 Internet : www.jumo.be

**JUMO**  
 Mess- und Regeltechnik AG  
 Laubisrütistrasse 70  
 8712 Stäfa, Suisse  
 Tél. : +41 44 928 24 44  
 Fax : +41 44 928 24 48  
 E-Mail : info@jumo.ch  
 Internet : www.jumo.ch



## Structure des thermocouples

Parallèlement à une très grande variété d'exécutions spéciales, il existe des thermocouples, entièrement définis par les normes.

### Thermocouples avec tête de raccordement

Ce type de **thermocouple** est de construction modulaire. Il se compose du couple, du tube de protection, du socle de raccordement, de la gaine de protection et de la tête de raccordement. La fixation peut se faire par bride ou par raccord fileté.

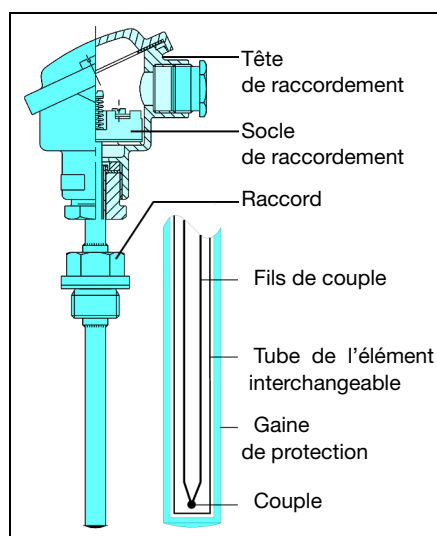


Figure 4 : structure d'un thermocouple.

L'**élément de mesure** est un ensemble préfabriqué, se composant du couple et du socle de raccordement, le couple étant logé dans un **tube** de 6 ou 8 mm de diamètre en bronze (SnBz6) suivant DIN 17 681 (jusqu'à 300 °C) ou en nickel. Ce tube est inséré dans la gaine de protection proprement dite qui est souvent en acier inox. L'extrémité du tube vient s'appliquer contre le fond de la gaine de manière à assurer une bonne conductibilité thermique. Les vis de fixation de l'élément de mesure sont montées sur ressorts de façon à garantir le bon contact entre l'extrémité du tube et le fond de la gaine, et ceci même en cas de dilatation inégale du tube et de la gaine. Les éléments de mesure sont facilement interchangeables.

Les thermocouples existent en exécution simple ou double. Leurs cotes sont définies par la norme DIN 43 735. Si l'on n'utilise pas d'élément de mesure interchangeable, le couple avec son isolation céramique est placé directement dans la **gaine de protection**.

Le choix du matériau de la gaine dépend des conditions d'utilisation thermiques, chimiques et mécaniques.

### Gaines de protection métalliques

Les gaines de protection en métaux réfractaires, comme par ex., le matériau AISI 446, sont utilisées jusqu'à des températures max. de 1150 °C. La tenue en température des gaines de protection est définie par la norme DIN 43 720. Ces renseignements sont donnés à titre indicatif et n'exemptent pas de l'obligation de vérifier si le matériau de gaine est bien adapté aux conditions d'utilisation. Les températures d'utilisation indiquées sont valables pour des thermocouples ne subissant aucune contrainte mécanique et, sauf stipulation contraire, utilisés dans de l'air pur.

### Gaines de protection céramiques

Les gaines de protection en céramique sont utilisées lorsque les conditions de mesure ne permettent pas l'utilisation d'armatures métalliques, que ce soit pour des raisons chimiques ou de températures à mesurer trop élevées. Ces gaines sont prévues pour des températures de 1000 à 1650 °C ; elles peuvent être en contact direct avec le milieu à mesurer ou, en tant que tube interne imperméable aux gaz, pour une séparation hermétique entre le couple et la gaine de protection. Des microfissures peuvent "polluer" le couple et, par conséquent, provoquer une dérive. La résistance aux chocs thermiques d'une céramique croît en même temps que sa conductibilité thermique et sa résistance à la traction, et est inversement proportionnelle à son coefficient de dilatation. L'épaisseur de la paroi joue également un rôle important ; il convient de préférer les tubes à paroi mince à ceux à paroi épaisse.

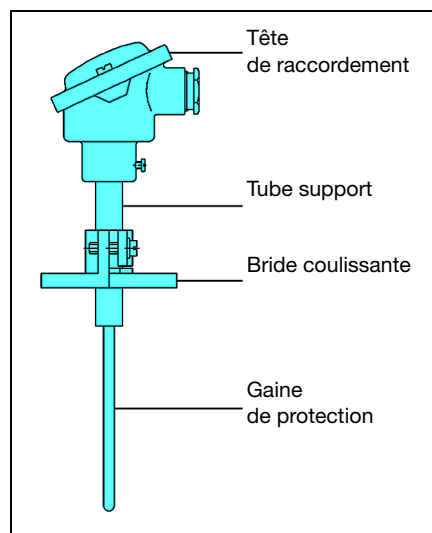


Figure 5 : thermocouple avec gaine de protection céramique

Pour les thermocouples en métaux précieux, une très grande pureté de la céramique est exigée : les **couple en platine** sont très sensibles à la pollution par des atomes étrangers, notamment par le silicium, l'arsenic, le phosphore, le soufre et le bore. Il convient donc de veiller tout particulièrement à ce que les matériaux de gaine et d'isolation des armatures destinées à la mesure de températures élevées ne contiennent aucun des éléments susmentionnés. Le SiO<sub>2</sub> est particulièrement dangereux. La pollution est beaucoup plus rapide dans une ambiance neutre et réductrice car le SiO<sub>2</sub> réduit devient du SiO, dont la réaction avec le platine forme du Pt<sub>5</sub>Si<sub>2</sub>. Il suffit de 0,2% de SiO<sub>2</sub> dans le matériau de gaine ou d'isolation, dans une ambiance réductrice, pour former des siliciures cassantes.

L'utilisation de thermocouples avec gaine de protection perméable aux gaz n'est donc pas autorisée dans des ambiances réductrices, comme par ex. dans des fours de recuit, alors qu'elle est admise dans des ambiances oxydantes ou en atmosphère contrôlée. La gaine de protection peut être perméable aux gaz si l'on y loge un tube interne en céramique étanche aux gaz, tout en respectant les conditions d'ambiance citées ci-dessus.

Les propriétés isolantes des matériaux employés sont très importantes pour les plages de températures élevées. Les gaines de protection en oxyde d'aluminium (KER610) et en oxyde de magnésium deviennent déjà nettement conductrices pour des températures supérieures à 1000 °C. Ceci provoque un courant de fuite qui fausse le signal du thermocouple. Le pouvoir isolant des céramiques faiblit lorsque la teneur alcalifère augmente. Les céramiques en oxyde d'aluminium pur possèdent les meilleures propriétés. C'est pour cette raison que l'on utilise des tiges à 4 trous et des gaines de protection en KER 710. Ci-dessous, nous vous présentons deux céramiques imperméables aux gaz, dont les propriétés sont définies par la norme DIN 43 724 : le **KER 710** est une céramique d'oxyde pure, constituée de plus de 99,7 % d'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ainsi que de traces de MgO, Si<sub>2</sub>O et de Na<sub>2</sub>O résistant jusqu'à 1900 °C avec un point de fusion à 2050 °C. Une résistance d'isolation de 10<sup>7</sup> Ω × cm à 1000 °C, une bonne résistance aux variations de température due à ses qualités conductrices et une dilatation thermique relativement faible, le KER 710 est le meilleur matériau céramique. Pour les thermocouples en platine, il faut que la tige d'isolation et la gaine de protection soient réalisées en KER 710.



Le matériau **KER 610** a une plus grande teneur alcalifère (60%  $Al_2O_3$ , 37%  $SiO_2$ , 3 % alcali) et de ce fait une résistance d'isolation plus faible d'environ  $10^4 \Omega \times cm$  à 1000 °C. En raison de sa teneur importante en dioxyde de silicium, il ne doit pas être utilisé dans des ambiances réductrices. Sa conductibilité thermique est à peu près 9 fois plus faible que celle du KER 710 ; sa stabilité mécanique est bonne.

Son avantage par rapport au KER 710 réside dans son prix qui est cinq fois moins élevé que celui de ce dernier.

La norme DIN 43 729 définit les formes A et B des **têtes de raccordement** ; elles diffèrent par leurs dimensions et légèrement par leur forme.

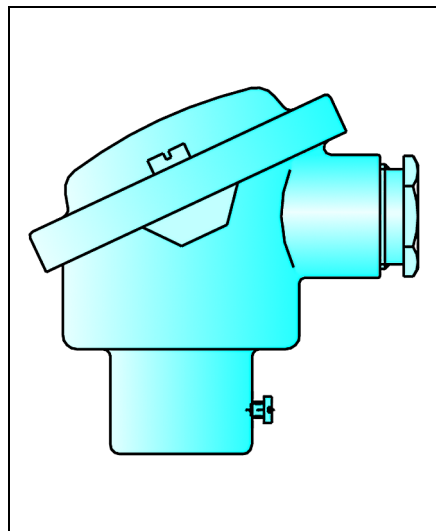


Figure 6 : tête de raccordement suivant DIN 43 729, forme B.

Les têtes de raccordement sont réalisées en fonte d'aluminium.

Le mode de protection n'est pas normalisé ; le mode IP54 (projections d'eau) est courant. Le diamètre nominal du perçage destiné à recevoir la gaine de protection est :

- 22, 24 ou 32 mm pour les têtes de forme A
- 15 mm ou filetage M 24 x 1,5 pour les têtes de forme B.

#### Thermocouples suivant EN 14 597

Les thermocouples raccordés sur des régulateurs ou limiteurs de température d'installations produisant de la chaleur doivent remplir les conditions de la norme EN 14 597. Il s'agit de thermocouples homologués TÜV.

Ces thermocouples doivent pouvoir résister pendant au moins une heure à des températures supérieures de 15% à la température limite supérieure, en respectant un temps de réponse, fonction du milieu à mesurer (par

ex., pour l'air  $t_{0,63} = 120$  s). Par ailleurs, les thermocouples doivent être conçus pour résister aux contraintes mécaniques de pression et de vitesse d'écoulement du fluide mesuré. Toute modification de ces thermocouples devra faire l'objet d'une nouvelle homologation TÜV.

#### Thermocouples avec câble de compensation

En cas de sortie sur câble de compensation, à la place de la tête de raccordement, l'élément de mesure n'est pas interchangeable. Le couple est relié directement au câble thermoélectrique ou de compensation et placé dans la gaine de protection. La gaine de protection est sertie au point de jonction avec le câble de compensation pour assurer le maintien mécanique.

Le couple est isolé de la masse en exécution standard ; pour améliorer le contact thermique, il peut également être soudé avec le fond de la gaine de protection. La tenue en température du matériau isolant et de la gaine du câble thermoélectrique ou de compensation détermine la température max. d'utilisation. À titre d'exemples, le tableau 9 indique la température max. admissible pour certains isolants

Matériau	$t_{max}/^{\circ}C$
PVC	80
Silicone	180
PTFE	260
Soie de verre	350

Tableau 9 : températures max. admissibles pour certains isolants.

Il existe de très nombreuses exécutions de thermocouples ; très souvent, celles-ci sont spécifiques aux besoins du client.

Caractéristiques de base :

- diamètre : 0,5 à 6 mm
- longueur de la gaine de protection : 35 à 150 mm
- matériau de la gaine de protection : acier inox, acier avec une bonne résistance thermique ou laiton
- fixation mécanique : par bride fixe ou coulissante, par raccord à vis fixe ou coulissant

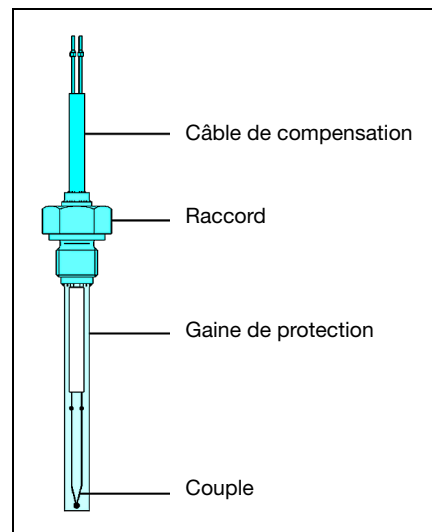


Figure 7 : structure d'un thermocouple avec câble de compensation.

#### Thermocouples avec fixation à baïonnette

Il existe aussi une exécution de thermocouple avec fixation à baïonnette. Le ressort de compression en acier inox, qui assure également la protection anti-courbure, maintient l'extrémité de la gaine de protection en pression constante dans son logement.

La longueur utile peut être modifiée en agissant sur la baïonnette. Les baïonnettes et les contre-pièces sont livrables en diamètre 12, 15 et 16 mm.

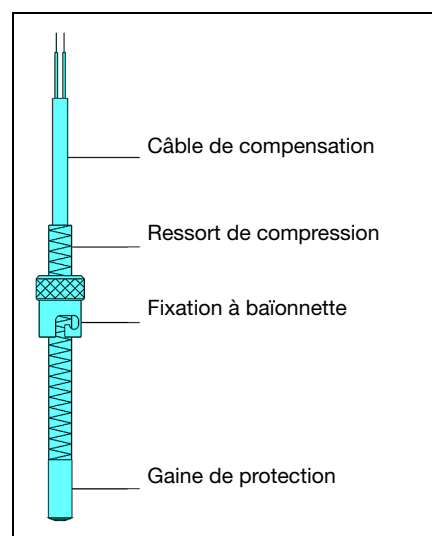


Figure 8 : thermocouple avec fixation à baïonnette





Les thermocouples avec fixation à baïonnette sont principalement utilisés pour la mesure de température sur des corps solides, paliers lisses et outillages, par ex. dans les industries de la transformation des matières plastiques. En raison de la forme particulière de leurs extrémités, ces thermocouples sont bien adaptés pour être placés dans des perçages coniques ou à fond plat.

**Thermocouples chemisés**

Les thermocouples chemisés sont constitués par une gaine de protection flexible contenant un isolant minéral. Les fils de couple en matériau thermoélectrique sont insérés dans de l'oxyde de magnésium réfractaire fortement comprimé dans la gaine à paroi mince en acier spécial ou en acier réfractaire (Inconel 600).

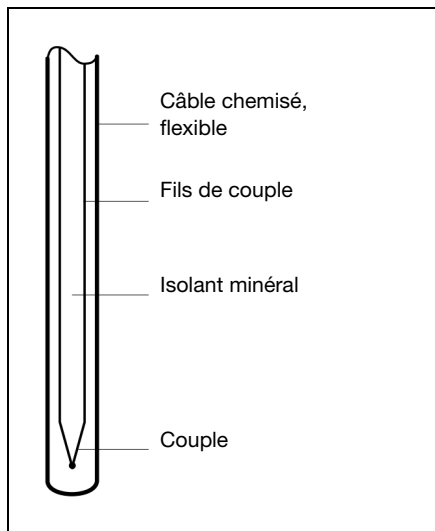


Figure 9 : structure d'un thermocouple chemisé.

L'excellente conductibilité thermique entre la gaine et le couple permet d'avoir des temps de réponse courts ( $t_{0,5}$  à partir de 0,1 s) ainsi qu'une grande précision de mesure. Par leur construction, ces thermocouples ont une excellente tenue aux vibrations. La flexibilité de la **gaine** (rayon de courbure min. = 5 x diamètre extérieur de 0,5 à 6 mm) permet d'effectuer des prises de température à des endroits difficilement accessibles. En raison de leurs propriétés, les thermocouples chemisés sont utilisés dans l'industrie chimique, les centrales électriques, la construction mécanique, les bancs d'essai ainsi que pour toutes les prises de mesure nécessitant résistance aux vibrations, grande flexibilité et simplicité de montage.

**Raccordement des thermocouples**

En raison des faibles résistances internes, la longueur des câbles thermoélectriques ou de

compensation ne joue pas un rôle très important. Cependant, dans le cas de câbles longs à faible section, la valeur de la résistance des câbles thermoélectriques ou de compensation peut être relativement élevée. Pour éviter les erreurs d'indication, il faut que la résistance interne des appareils raccordés en aval soit au moins 1000 fois supérieure à la résistance du thermocouple.

Il convient de toujours utiliser des câbles de compensation réalisés dans le même matériau que le couple ou ayant les mêmes propriétés thermoélectriques que le matériau du couple, car si cela n'est pas le cas, un nouveau couple se forme au point de jonction des deux métaux. Le câble de compensation doit être amené jusqu'au point de compensation. Lors du raccordement de thermocouples, vérifier la polarité.

**Comportement en cas de court-circuit ou de rupture**

Lorsque la température mesurée est égale à la température du point de compensation, le thermocouple n'émet pas de force électromotrice.

En cas de court-circuit d'un thermocouple ou du câble de compensation, un nouveau point de mesure se forme à l'endroit où s'est produit le court-circuit. En cas de court-circuit dans la tête de raccordement, par ex., la température mesurée n'est plus celle du point de mesure défini initialement mais celle de la tête de raccordement. En cas de rupture du circuit de mesure, l'appareil monté en aval indique la température du point de compensation.

**Erreur de mesure due à l'implantation**

Une sonde de température n'indique que la température de son capteur. Cette température ne doit pas être égale à la température du milieu à mesurer. La sonde n'est pas placée isolée dans le milieu, mais est également thermiquement en contact avec l'environnement extérieur. Il en résulte un décalage de la température (dissipation calorifique). Cette erreur dépend de nombreux facteurs. On compte parmi ces facteurs : la température du milieu à mesurer, la température ambiante, les caractéristiques thermiques du milieu, la vitesse d'écoulement et la longueur utile de la sonde. Afin de réduire durablement l'erreur, le choix du point de mesure et plus particulièrement la longueur utile de la sonde dans le milieu sont de la plus grande importance. En tant que valeur de référence pour la mesure dans des milieux liquides, la profondeur d'immersion devrait être d'au moins 15 fois le diamètre de

la sonde. Pour des mesures dans des gaz, il faut prévoir la longueur utile maximale de la sonde. Dans les applications critiques ou dans les demandes de petites erreurs de mesure, il faudrait contrôler l'erreur de mesure due à l'implantation. Pour cela, il faut retirer la sonde du point de mesure (env. 10mm) et observer l'indication de la température.

**Recherche d'erreurs**

L'une des erreurs les plus fréquentes consiste à ne pas utiliser de câble de compensation ou de faire le mauvais choix. À l'aide d'un simple appareil de contrôle de continuité ou d'un ohmmètre, il est possible de détecter une coupure du thermocouple. Le fonctionnement de la soudure chaude et la polarité correcte du thermocouple peuvent être vérifiés au moyen d'un voltmètre (calibre millivolts) en chauffant le point de mesure.

Conséquences des différentes erreurs de raccordement possibles :

- *L'indicateur affiche la température ambiante* : court-circuit sur le circuit de mesure.
- *L'indicateur affiche la valeur de température mais avec le signe -* : inversion de polarité sur l'indicateur.
- *L'indicateur affiche une valeur nettement trop élevée ou trop basse* :
  - a) linéarisation erronée de l'indicateur
  - b) câble de compensation non approprié ou inversion de pôle lors du raccordement.
- *L'indicateur affiche un décalage constant avec la réalité (en plus ou en moins)* : température de compensation de soudure froide incorrecte.
- *L'indicateur affiche la valeur exacte qui dérive lentement bien que la température mesurée soit constante* : température de compensation de soudure froide variable ou non prise en compte.
- *L'indicateur affiche encore une valeur bien que l'un des fils du couple soit débranché* :
  - a) perturbation électromagnétique de la ligne d'entrée
  - b) tensions parasites, provenant, par ex., de l'isolation du four, dues au manque de séparation galvanique ou à une isolation insuffisante.
- *L'indicateur affiche une valeur élevée bien que les deux pôles du couple soient débranchés* :
  - a) perturbation électromagnétique de la ligne d'entrée
  - b) tensions parasites galvaniques dues, par ex., à de l'humidité dans l'isolation du câble de compensation.



**Remarque concernant la fiabilité**

Toutes les soudures sur les sondes et doigts de gant sont contrôlées dans le cadre d'un système d'assurance-qualité élémentaire selon DIN 8563, partie 113. Des conditions particulières sont valables pour certains domaines d'application (par ex. construction de réservoirs sous pression). Lorsque le client signale que les capteurs sont destinés à ces domaines d'application, ils sont soumis à un contrôle des soudures suivant EN 287 et EN 288.

**Charge de pression pour les sondes de température**

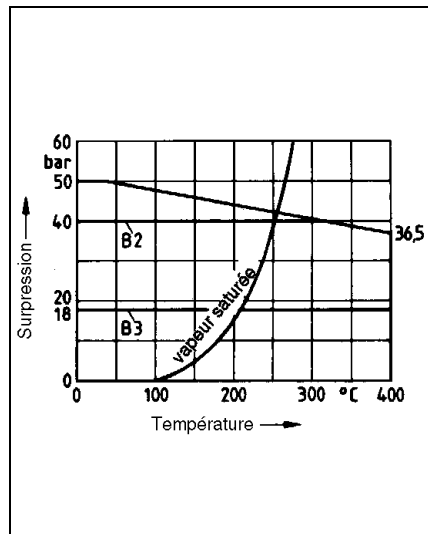
La tenue en pression des armatures de protection utilisées pour les sondes à résistance dépend fortement des différents paramètres du process.

Parmi eux :

- la température
- la pression
- la vitesse d'écoulement
- les vibrations

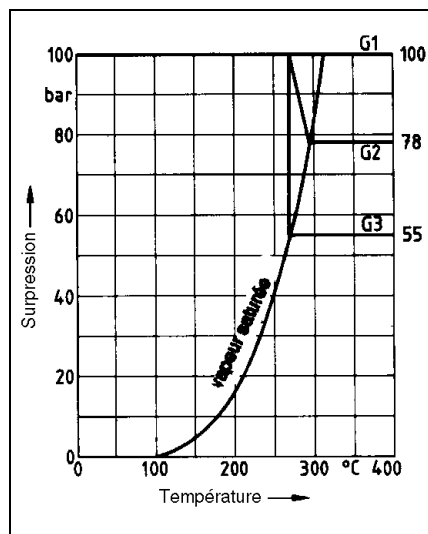
De plus, il faut prendre en considération les caractéristiques matérielles de l'armature de protection comme le matériau, la longueur utile, le diamètre et le mode de raccordement au process.

Les diagrammes suivants sont issus de la norme DIN 43 763 et montrent la charge limite pour les différentes formes de base en fonction de la température et la longueur utile ainsi que la vitesse d'écoulement, la température et le milieu.



**Figure 10 : charge de pression pour gaine de protection forme B.**

Acier inoxydable AISI 316 Ti  
 v jusqu'à 25 m/s dans l'air  
 v jusqu'à 3 m/s dans l'eau



**Figure 11 : charge de pression pour gaine de protection forme G.**

Acier inoxydable AISI 316 Ti  
 v jusqu'à 40 m/s dans l'air  
 v jusqu'à 4 m/s dans l'eau



Comme déjà expliqué dans la norme, il s'agit de valeurs indicatives qu'il faut vérifier séparément pour chaque application. De faibles divergences des conditions de mesure peuvent provoquer la destruction de la gaine de protection.

Si un contrôle de l'armature de protection est demandé lors de la commande d'une sonde à résistance, il faut indiquer le type de charge et les valeurs limites.

Pour nombre d'autres sondes, la figure 12 présente les limites de charge (valeurs indicatives) pour différents diamètres. La charge de pression maximale des gaines de protection cylindriques est représentée en fonction de l'épaisseur de la paroi pour différents diamètres.

Les indications sont valables pour les gaines de protection en acier inoxydable AISI 316 Ti, une longueur utile de 100 mm, une vitesse d'écoulement de 10 m/s dans l'air ou 4 m/s dans l'eau, et une plage de température de -20 à +100 °C. On a pris en considération un facteur de sécurité de 1,8. Pour des températures plus élevées ou d'autres matériaux, il faut réduire la charge de pression maximale du pourcentage indiqué dans le tableau.

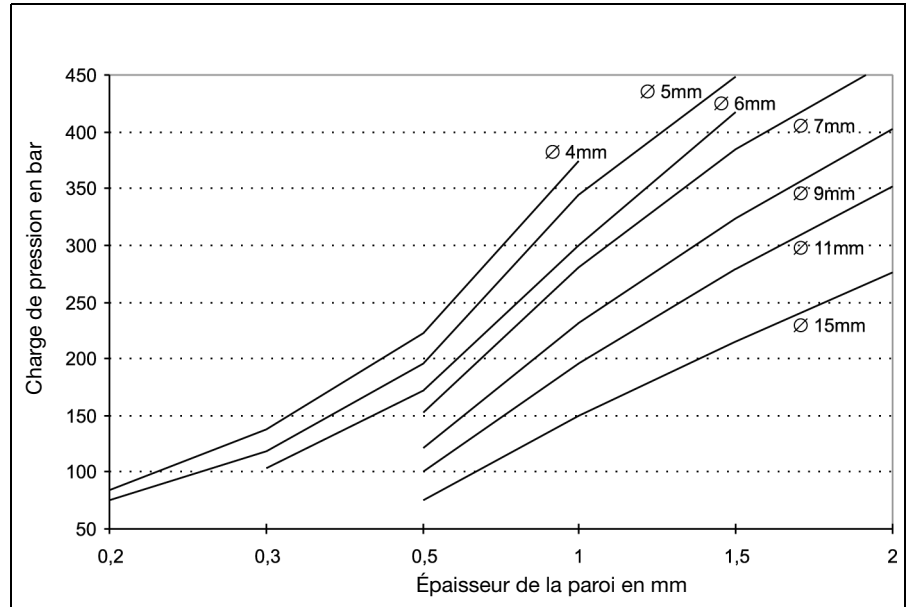


Figure 12 : limites de charge des gaines de protection en fonction des diamètres.

Matériau	Température	Réduction
CrNi 1.4571	jusqu'à +200 °C	-10%
CrNi 1.4571	jusqu'à +300 °C	-20%
CrNi 1.4571	jusqu'à +400 °C	-25%
CrNi 1.4571	jusqu'à +500 °C	-30%
CuZn 2.0401	jusqu'à +100 °C	-15%
CuZn 2.0401	jusqu'à +175 °C	-60%





**Contrôle de pression pour les armatures de protection des sondes**

Les armatures de protection soudées des sondes JUMO sont soumises à un contrôle d'étanchéité. Suivant la structure de l'armature de protection, on effectue un test de fuite ou un contrôle de pression.

Les sondes fabriquées suivant DIN ou des directives spécifiques à un domaine (chimie, pétroindustrie, réservoirs sous pression, chaudière de vapeur) exigent différents contrôles de pression suivant l'application. Si les sondes doivent être fabriquées suivant ces normes ou directives, il faut indiquer lors de la commande les contrôles nécessaires ou bien les normes ou directives à respecter.

**Étendue des contrôles**

Les contrôles peuvent être effectués sur chaque armature de protection et documentés avec un rapport de contrôle ou un certificat de contrôle de fabrication suivant EN 10 204 (supplément de prix).

**Type des contrôles**

Les contrôles peuvent être effectués sur des armatures de protection d'une longueur utile maximale de 1050 mm avec fixation par bride DN 25 ou par filetage au maximum 1".

Il est possible d'effectuer les contrôles suivants :

Type de contrôle	Milieu de contrôle	Plage de pression	Durée du contrôle
Test de fuite	hélium	vide	10 s
Contrôle de pression I	azote	1 à 50 bars	10 s
Contrôle de pression II	eau	50 à 300 bars	10 s

**Test de fuite**

On crée le vide à l'intérieur de la gaine de protection. On diffuse de l'hélium à l'extérieur de l'armature de protection. Si la gaine de protection présente une fuite, l'hélium pénètre à l'intérieur et il est détecté par un système d'analyse. L'augmentation de pression permet de déterminer le taux de fuite (taux de fuite > 1 × 10<sup>-6</sup> l/bar).

**Contrôle de pression I**

La gaine de protection est soumise à une surpression externe avec de l'azote. Si la gaine de protection présente une fuite, un courant volumique détectable apparaît à l'intérieur de la gaine.

**Contrôle de pression II**

La gaine de protection est soumise à une surpression externe avec de l'eau. Cette pression doit rester constante pendant un certain temps. Si ce n'est pas le cas, l'armature de protection n'est pas étanche.

**Process de soudage qualifiés pour la production des gaines de protection des sondes**

Outre l'utilisation d'un matériau parfait, au final la technique d'assemblage est également décisive pour la stabilité mécanique et la qualité de l'armature de protection. C'est pour cette raison que JUMO oriente sa technique de soudage suivant les normes européennes EN 287 et EN 288. Pour les travaux de soudage manuels, JUMO emploie des soudeurs contrôlés suivant la norme EN 287. Pour les process de soudage automatisés, ceux-ci sont qualifiés par un WPS (directive de soudage) suivant la norme EN 288.

Le tableau suivant donne un aperçu des process de soudage qualifiés :

Matériau	Soudage à l'arc TIG	
	manuel	automatique
W11, W11 avec W01-W04 suivant EN 287	Diamètre gaine 2 à 30 mm Épaisseur de la paroi 0,75 à 5,6 mm	Diamètre gaine 5 à 10 mm Épaisseur de la paroi 0,5 à 1,0 mm

Tableau 10 : process de soudage qualifiés.

Grâce à leur expérience, nos soudeurs sont également en mesure d'assembler d'autres matériaux, dans d'autres dimensions.

Pour les épaisseurs de paroi inférieures à 0,6 mm, on utilise la soudure au rayon laser contrôlée par un expert en rayon laser, conformément à la directive DSV 1187.

Sur demande du client, il est possible d'établir des certificats de contrôle par l'usine des matériaux utilisés (supplément de prix). Il est également possible d'effectuer des contrôles et des traitements particuliers, contre facturation suivant les dépenses et conformément aux prescriptions des différentes directives de mise en œuvre. On compte parmi eux : contrôles aux rayons X, contrôle des fissures (test de pénétration de colorant), traitement thermique, nettoyage spécial et applications de marque.

**JUMO GmbH & Co. KG**  
 Adresse de livraison :  
 Mackenrodtstraße 14,  
 36039 Fulda, Allemagne  
 Adresse postale :  
 36035 Fulda, Allemagne  
 Tél. : +49 661 6003-0  
 Fax : +49 661 6003-607  
 E-Mail : mail@jumo.net  
 Internet : www.jumo.net

**JUMO Régulation SAS**  
 Actipôle Borny  
 7 rue des Drapiers  
 B.P. 45200  
 57075 Metz - Cedex 3, France  
 Tél. : +33 3 87 37 53 00  
 Fax : +33 3 87 37 89 00  
 E-Mail : info@jumo.net  
 Internet : www.jumo.fr

**JUMO AUTOMATION**  
 S.P.R.L. / P.G.M.B.H. / B.V.B.A  
 Industriestraße 18  
 4700 Eupen, Belgique  
 Tél. : +32 87 59 53 00  
 Fax : +32 87 74 02 03  
 E-Mail : info@jumo.be  
 Internet : www.jumo.be

**JUMO**  
 Mess- und Regeltechnik AG  
 Laubisrütistrasse 70  
 8712 Stäfa, Suisse  
 Tél. : +41 44 928 24 44  
 Fax : +41 44 928 24 48  
 E-Mail : info@jumo.ch  
 Internet : www.jumo.ch



## Forces électromotrices suivant EN 60 584

en mV, pour températures de 10 °C en 10 °C (compensation de soudure froide 0 °C)

Pt13Rh-Pt „R“										
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,054	0,111	0,171	0,232	0,296	0,363	0,431	0,501	0,573
100	0,647	0,723	0,800	0,879	0,959	1,041	1,124	1,208	1,294	1,380
200	1,468	1,557	1,647	1,738	1,830	1,923	2,017	2,111	2,207	2,303
300	2,400	2,498	2,596	2,695	2,795	2,896	2,997	3,099	3,201	3,304
400	3,407	3,511	3,616	3,721	3,826	3,933	4,039	4,146	4,254	4,362
500	4,471	4,580	4,689	4,799	4,910	5,021	5,132	5,244	5,356	5,469
600	5,582	5,696	5,810	5,925	6,040	6,155	6,272	6,388	6,505	6,623
700	6,741	6,860	6,979	7,098	7,218	7,339	7,460	7,582	7,703	7,826
800	7,949	8,072	8,196	8,320	8,445	8,570	8,696	8,822	8,949	9,076
900	9,203	9,331	9,460	9,589	9,718	9,848	9,978	10,109	10,240	10,371
1000	10,503	10,636	10,768	10,902	11,035	11,170	11,304	11,439	11,574	11,710
1100	11,846	11,983	12,119	12,257	12,394	12,532	12,669	12,808	12,946	13,085
1200	13,224	13,363	13,502	13,642	13,782	13,922	14,062	14,202	14,343	14,483
1300	14,624	14,765	14,906	15,047	15,188	15,329	15,470	15,611	15,752	15,893
1400	16,035	16,176	16,317	16,458	16,599	16,741	16,882	17,022	17,163	17,304
1500	17,445	17,585	17,726	17,866	18,006	18,146	18,286	18,425	18,564	18,703
1600	18,842	18,981	19,119	19,257	19,395	19,533	19,670	19,807	19,944	20,080

Pt10Rh-Pt „S“										
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,055	0,113	0,173	0,235	0,299	0,365	0,432	0,502	0,573
100	0,645	0,719	0,795	0,872	0,950	1,029	1,109	1,190	1,273	1,356
200	1,440	1,525	1,611	1,698	1,785	1,873	1,962	2,051	2,141	2,232
300	2,323	2,414	2,506	2,599	2,692	2,786	2,880	2,974	3,069	3,164
400	3,260	3,356	3,452	3,549	3,645	3,743	3,840	3,938	4,036	4,135
500	4,234	4,333	4,432	4,532	4,632	4,732	4,832	4,933	5,034	5,136
600	5,237	5,339	5,442	5,544	5,648	5,751	5,855	5,960	6,064	6,169
700	6,274	6,380	6,486	6,592	6,699	6,805	6,913	7,020	7,128	7,236
800	7,345	7,454	7,563	7,672	7,782	7,892	8,003	8,114	8,225	8,336
900	8,448	8,560	8,673	8,786	8,899	9,012	9,126	9,240	9,355	9,470
1000	9,585	9,700	9,816	9,932	10,048	10,165	10,282	10,400	10,517	10,635
1100	10,754	10,872	10,991	11,110	11,229	11,348	11,467	11,587	11,707	11,827
1200	11,947	12,067	12,188	12,308	12,429	12,550	12,671	12,792	12,913	13,034
1300	13,155	13,276	13,397	13,519	13,640	13,761	13,883	14,004	14,125	14,247
1400	14,368	14,489	14,610	14,731	14,852	14,973	15,094	15,215	15,336	15,456
1500	15,576	15,697	15,817	15,937	16,057	16,176	16,296	16,415	16,534	16,653
1600	16,771	16,890	17,008	17,125	17,243	17,360	17,477	17,594	17,711	17,826

Pt30Rh-Pt6Rh „B“										
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	-0,002	-0,003	-0,002	-0	0,002	0,006	0,011	0,017	0,025
100	0,033	0,043	0,053	0,065	0,078	0,092	0,107	0,123	0,140	0,159
200	0,178	0,199	0,220	0,243	0,266	0,291	0,317	0,344	0,372	0,401
300	0,431	0,462	0,494	0,527	0,561	0,596	0,632	0,669	0,707	0,746
400	0,786	0,827	0,870	0,913	0,957	1,002	1,048	1,095	1,143	1,192
500	1,241	1,292	1,344	1,397	1,450	1,505	1,560	1,617	1,674	1,732
600	1,791	1,851	1,912	1,974	2,036	2,100	2,164	2,230	2,296	2,363
700	2,430	2,499	2,569	2,639	2,710	2,782	2,855	2,928	3,003	3,078
800	3,154	3,231	3,308	3,387	3,466	3,546	3,626	3,708	3,790	3,873
900	3,957	4,041	4,126	4,212	4,298	4,386	4,474	4,562	4,652	4,742
1000	4,833	4,924	5,016	5,109	5,202	5,297	5,391	5,487	5,583	5,680
1100	5,777	5,875	5,973	6,073	6,172	6,273	6,374	6,475	6,577	6,680
1200	6,783	6,887	6,991	7,096	7,202	7,308	7,414	7,521	7,628	7,736
1300	7,845	7,953	8,063	8,172	8,283	8,393	8,504	8,616	8,727	8,839
1400	8,952	9,065	9,178	9,291	9,405	9,519	9,634	9,748	9,863	9,979
1500	10,094	10,210	10,325	10,441	10,558	10,674	10,790	10,907	11,024	11,141
1600	11,257	11,374	11,491	11,608	11,725	11,842	11,959	12,076	12,193	12,310
1700	12,426	12,543	12,659	12,776	12,892	13,008	13,124	13,239	13,354	13,470

**JUMO GmbH & Co. KG**  
 Adresse de livraison :  
 Mackenrodtstraße 14,  
 36039 Fulda, Allemagne  
 Adresse postale :  
 36035 Fulda, Allemagne  
 Tél. : +49 661 6003-0  
 Fax : +49 661 6003-607  
 E-Mail : mail@jumo.net  
 Internet : www.jumo.net

**JUMO Régulation SAS**  
 Actipôle Borny  
 7 rue des Drapiers  
 B.P. 45200  
 57075 Metz - Cedex 3, France  
 Tél. : +33 3 87 37 53 00  
 Fax : +33 3 87 37 89 00  
 E-Mail : info@jumo.net  
 Internet : www.jumo.fr

**JUMO AUTOMATION**  
 S.P.R.L. / P.G.M.B.H. / B.V.B.A  
 Industriestraße 18  
 4700 Eupen, Belgique  
 Tél. : +32 87 59 53 00  
 Fax : +32 87 74 02 03  
 E-Mail : info@jumo.be  
 Internet : www.jumo.be

**JUMO**  
 Mess- und Regeltechnik AG  
 Laubisrütistrasse 70  
 8712 Stäfa, Suisse  
 Tél. : +41 44 928 24 44  
 Fax : +41 44 928 24 48  
 E-Mail : info@jumo.ch  
 Internet : www.jumo.ch



## Forces électromotrices suivant EN 60 584

en mV, pour températures de 10 °C en 10 °C (compensation de soudure froide 0 °C)

### Cu-CuNi „T“

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-5,603	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-100	-3,378	-3,656	-3,923	-4,177	-4,419	-4,648	-4,865	-5,069	-5,261	-5,439
0	0	-0,383	-0,757	-1,121	-1,475	-1,819	-2,152	-2,475	-2,788	-3,089

°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,391	0,789	1,196	1,611	2,035	2,467	2,908	3,357	3,813
100	4,277	4,749	5,227	5,712	6,204	6,702	7,207	7,718	8,235	8,757
200	9,286	9,820	10,360	10,905	11,456	12,011	12,572	13,137	13,707	14,281
300	14,860	15,443	16,030	16,621	17,217	17,816	18,420	19,027	19,638	20,252

### Fe-CuNi „J“

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-7,890	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-100	-4,632	-5,036	-5,426	-5,801	-6,159	-6,499	-6,821	-7,122	-7,402	-7,659
0	0	-0,501	-0,995	-1,481	-1,960	-2,431	-2,892	-3,344	-3,785	-4,215

°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,507	1,019	1,536	2,058	2,585	3,115	3,649	4,186	4,725
100	5,268	5,812	6,359	6,907	7,457	8,008	8,560	9,113	9,667	10,222
200	10,777	11,332	11,887	12,442	12,998	13,553	14,108	14,663	15,217	15,771
300	16,325	16,879	17,432	17,984	18,537	19,089	19,640	20,192	20,743	21,295
400	21,846	22,397	22,949	23,501	24,054	24,607	25,161	25,716	26,272	26,829
500	27,388	27,949	28,511	29,075	29,642	30,210	30,782	31,356	31,933	32,513
600	33,096	33,683	34,273	34,867	35,464	36,066	36,671	37,280	37,893	38,510
700	39,130	39,754	40,382	41,013	41,647	42,283	42,922	43,563	44,207	44,852

**JUMO GmbH & Co. KG**  
 Adresse de livraison :  
 Mackenrodtstraße 14,  
 36039 Fulda, Allemagne  
 Adresse postale :  
 36035 Fulda, Allemagne  
 Tél. : +49 661 6003-0  
 Fax : +49 661 6003-607  
 E-Mail : mail@jumo.net  
 Internet : www.jumo.net

**JUMO Régulation SAS**  
 Actipôle Borny  
 7 rue des Drapiers  
 B.P. 45200  
 57075 Metz - Cedex 3, France  
 Tél. : +33 3 87 37 53 00  
 Fax : +33 3 87 37 89 00  
 E-Mail : info@jumo.net  
 Internet : www.jumo.fr

**JUMO AUTOMATION**  
 S.P.R.L. / P.G.M.B.H. / B.V.B.A  
 Industriestraße 18  
 4700 Eupen, Belgique  
 Tél. : +32 87 59 53 00  
 Fax : +32 87 74 02 03  
 E-Mail : info@jumo.be  
 Internet : www.jumo.be

**JUMO**  
 Mess- und Regeltechnik AG  
 Laubisrütistrasse 70  
 8712 Stäfa, Suisse  
 Tél. : +41 44 928 24 44  
 Fax : +41 44 928 24 48  
 E-Mail : info@jumo.ch  
 Internet : www.jumo.ch



## Forces électromotrices suivant EN 60 584

en mV, pour températures de 10 °C en 10 °C (compensation de soudure froide 0 °C)

NiCr-Ni „K“										
°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-5,891	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-100	-3,554	-3,852	-4,138	-4,411	-4,669	-4,913	-5,141	-5,354	-5,550	-5,730
0	0	-0,392	-0,778	-1,156	-1,527	-1,889	-2,243	-2,587	-2,920	-3,243

°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,397	0,798	1,203	1,612	2,023	2,436	2,851	3,267	3,682
100	4,096	4,509	4,920	5,328	5,735	6,138	6,540	6,941	7,340	7,739
200	8,138	8,539	8,940	9,343	9,747	10,153	10,561	10,971	11,382	11,795
300	12,209	12,624	13,040	13,457	13,874	14,293	14,713	15,133	15,554	15,975
400	16,397	16,820	17,243	17,667	18,091	18,516	18,941	19,366	19,792	20,218
500	20,644	21,071	21,497	21,924	22,350	22,776	23,203	23,629	24,055	24,480
600	24,905	25,330	25,755	26,179	26,602	27,025	27,447	27,869	28,289	28,710
700	29,129	29,548	29,965	30,382	30,798	31,213	31,628	32,041	32,453	32,865
800	33,275	33,685	34,093	34,501	34,908	35,313	35,718	36,121	36,524	36,925
900	37,326	37,725	38,124	38,522	38,918	39,314	39,708	40,101	40,494	40,885
1000	41,276	41,665	42,053	42,440	42,826	43,211	43,595	43,978	44,359	44,740
1100	45,119	45,497	45,873	46,249	46,623	46,995	47,367	47,737	48,105	48,473
1200	48,838	49,202	49,565	49,926	50,286	50,644	51,000	51,355	51,708	52,060
1300	52,410	52,759	53,106	53,451	53,795	54,138	54,479	54,819	-	-

NiCr-CuNi „E“										
°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-8,824	-9,063	-9,274	-9,455	-9,604	-9,719	-9,797	-9,835	-	-
-100	-5,237	-5,680	-6,107	-6,516	-6,907	-7,279	-7,631	-7,963	-8,273	-8,561
0	0	-0,581	-1,151	-1,709	-2,254	-2,787	-3,306	-3,811	-4,301	-4,771

°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,591	1,192	1,801	2,419	3,047	3,683	4,329	4,983	5,646
100	6,317	6,996	7,683	8,377	9,078	9,787	10,501	11,222	11,949	12,681
200	13,419	14,161	14,909	15,661	16,417	17,178	17,942	18,710	19,481	20,256
300	21,033	21,814	22,597	23,383	24,171	24,961	25,754	26,549	27,345	28,143
400	28,943	29,744	30,546	31,350	32,155	32,960	33,767	34,574	35,382	36,190
500	36,999	37,808	38,617	39,426	40,236	41,045	41,853	42,662	43,470	44,278
600	45,085	45,891	46,697	47,502	48,306	49,109	49,911	50,713	51,513	52,312
700	53,110	53,907	54,703	55,498	56,291	57,083	57,873	58,663	59,451	60,237
800	61,022	61,806	62,588	63,368	64,147	64,924	65,700	66,473	67,245	68,015
900	68,783	69,549	70,313	71,075	71,835	72,593	73,350	74,104	74,857	75,608

**JUMO GmbH & Co. KG**  
 Adresse de livraison :  
 Mackenrodtstraße 14,  
 36039 Fulda, Allemagne  
 Adresse postale :  
 36035 Fulda, Allemagne  
 Tél. : +49 661 6003-0  
 Fax : +49 661 6003-607  
 E-Mail : mail@jumo.net  
 Internet : www.jumo.net

**JUMO Régulation SAS**  
 Actipôle Borny  
 7 rue des Drapiers  
 B.P. 45200  
 57075 Metz - Cedex 3, France  
 Tél. : +33 3 87 37 53 00  
 Fax : +33 3 87 37 89 00  
 E-Mail : info@jumo.net  
 Internet : www.jumo.fr

**JUMO AUTOMATION**  
 S.P.R.L. / P.G.M.B.H. / B.V.B.A  
 Industriestraße 18  
 4700 Eupen, Belgique  
 Tél. : +32 87 59 53 00  
 Fax : +32 87 74 02 03  
 E-Mail : info@jumo.be  
 Internet : www.jumo.be

**JUMO**  
 Mess- und Regeltechnik AG  
 Laubisrütistrasse 70  
 8712 Stäfa, Suisse  
 Tél. : +41 44 928 24 44  
 Fax : +41 44 928 24 48  
 E-Mail : info@jumo.ch  
 Internet : www.jumo.ch



## Classes de tolérance

pour thermocouples (compensation de soudure froide 0 °C) suivant EN 60 584

Thermocouple	Plage d'utilisation	Tolérances (±) <sup>1</sup>
Cuivre/Cuivre-Nickel "T"	-40 à + 350 °C	0,5 °C ou 0,004 x ltl
Fer/Cuivre-Nickel "J"	-40 à + 750 °C	1,5 °C ou 0,004 x ltl
Nickel-Chrome/Cuivre-Nickel "E"	-40 à + 800 °C	0,5 °C ou 0,004 x ltl
Nickel-Chrome/Nickel "K"	-40 à + 1000 °C	1,5 °C ou 0,004 x ltl
Platine-13% Rhodium/Platine "R"	0 à 1600 °C	1 °C ou [1+(t-1100) x 0,003] °C
Platine-10% Rhodium/Platine "S"	0 à 1600 °C	1 °C ou [1+(t-1100) x 0,003] °C
Platine-30% Rhodium/Platine-6% Rhodium "B"	-	-

Thermocouple	Plage d'utilisation	Tolérances (±) <sup>1</sup>
Cuivre/Cuivre-Nickel "T"	-40 à + 350 °C	1 °C ou 0,0075 x ltl
Fer/Cuivre-Nickel "J"	-40 à + 750 °C	2,5 °C ou 0,0075 x ltl
Nickel-Chrome/Cuivre-Nickel "E"	-40 à + 900 °C	1 °C ou 0,0075 x ltl
Nickel-Chrome/Nickel "K"	-40 à + 1200 °C	2,5 °C ou 0,0075 x ltl
Platine-13% Rhodium/Platine "R"	0 à 1600 °C	1,5 °C ou 0,0025 x t
Platine-10% Rhodium/Platine "S"	0 à 1600 °C	1,5 °C ou 0,0025 x t
Platine-30% Rhodium/Platine-6% Rhodium "B"	600 à 1700 °C	1,5 °C ou 0,0025 x t

Thermocouple	Plage d'utilisation	Tolérances (±) <sup>1</sup>
Cuivre/Cuivre-Nickel "T"	-200 à + 40 °C	1 °C ou 0,015 x ltl
Fer/Cuivre-Nickel "J"	-200 à + 40 °C	2,5 °C ou 0,015 x ltl
Nickel-Chrome/Cuivre-Nickel "E"	-200 à + 40 °C	1 °C ou 0,015 x ltl
Nickel-Chrome/Nickel "K"	-	-
Platine-13% Rhodium/Platine "R"	-	-
Platine-10% Rhodium/Platine "S"	600 à 1700 °C	4 °C ou 0,005 x t

La tolérance standard des thermocouples est conforme à la norme DIN 43 760 ou EN 60 584, classe 2.

Des plages de tolérance limitées suivant la classe 1 sont possibles pour les thermocouples chemisés.

1. Les tolérances sont indiquées sous forme de valeurs déterminées en °C ou en pourcentage par rapport à la température réelle en °C. La valeur applicable est la valeur la plus grande.

2. Généralement, les thermocouples et les fils de couple sont livrés de façon à respecter les tolérances ci-dessus pour les températures supérieures à -40 °C. Pour les températures inférieures à -40 °C, les écarts de mesure peuvent être supérieurs aux tolérances définies par la classe 3 avec des thermocouples réalisés dans le même matériau. Si l'utilisateur a besoin de thermocouples répondant aux critères des classes 1, 2 ou 3, il convient de le préciser à la commande, les matériaux devant être choisis en conséquence.

**JUMO GmbH & Co. KG**  
 Adresse de livraison :  
 Mackenrodtstraße 14,  
 36039 Fulda, Allemagne  
 Adresse postale :  
 36035 Fulda, Allemagne  
 Tél. : +49 661 6003-0  
 Fax. : +49 661 6003-607  
 E-Mail : mail@jumo.net  
 Internet : www.jumo.net

**JUMO Régulation SAS**  
 Actipôle Borny  
 7 rue des Drapiers  
 B.P. 45200  
 57075 Metz - Cedex 3, France  
 Tél. : +33 3 87 37 53 00  
 Fax. : +33 3 87 37 89 00  
 E-Mail : info@jumo.net  
 Internet : www.jumo.fr

**JUMO AUTOMATION**  
 S.P.R.L. / P.G.M.B.H. / B.V.B.A  
 Industriestraße 18  
 4700 Eupen, Belgique  
 Tél. : +32 87 59 53 00  
 Fax. : +32 87 74 02 03  
 E-Mail : info@jumo.be  
 Internet : www.jumo.be

**JUMO**  
 Mess- und Regeltechnik AG  
 Laubisrütistrasse 70  
 8712 Stäfa, Suisse  
 Tél. : +41 44 928 24 44  
 Fax. : +41 44 928 24 48  
 E-Mail : info@jumo.ch  
 Internet : www.jumo.ch



## Forces électromotrices suivant DIN 43 710

en mV, pour températures de 10 °C en 10 °C (compensation de soudure froide 0 °C)

### Cu-CuNi „U“

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-5,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-100	-3,40	-3,68	-3,95	-4,21	-4,46	-4,69	-4,91	-5,12	-5,32	-5,51
0	0	-0,39	-0,77	-1,14	-1,50	-1,85	-2,18	-2,50	-2,81	-3,11

°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,40	0,80	1,21	1,63	2,05	2,48	2,91	3,35	3,80
100	4,25	4,71	5,18	5,65	6,13	6,62	7,12	7,63	8,15	8,67
200	9,20	9,74	10,29	10,85	11,41	11,98	12,55	13,13	13,71	14,30
300	14,90	15,50	16,10	16,70	17,31	17,92	18,53	19,14	19,76	20,38
400	21,00	21,62	22,25	22,88	23,51	24,15	24,79	25,44	26,09	26,75
500	27,41	28,08	28,75	29,43	30,11	30,80	31,49	32,19	32,89	33,60

### Fe-CuNi „L“

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-8,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-100	-4,75	-5,15	-5,53	-5,90	-6,26	-6,60	-6,93	-7,25	-7,56	-7,86
0	0	-0,51	-1,02	-1,53	-2,03	-2,51	-2,98	-3,44	-3,89	-4,33

°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,52	1,05	1,58	2,11	2,65	3,19	3,73	4,27	4,82
100	5,37	5,92	6,47	7,03	7,59	8,15	8,71	9,27	9,83	10,39
200	10,95	11,51	12,07	12,63	13,19	13,75	14,31	14,88	15,44	16,00
300	16,56	17,12	17,68	18,24	18,80	19,36	19,92	20,48	21,04	21,60
400	22,16	22,72	23,29	23,86	24,43	25,00	25,57	26,14	26,71	27,28
500	27,85	28,43	29,01	29,59	30,17	30,75	31,33	31,91	32,49	33,08
600	33,67	34,26	34,85	35,44	36,04	36,64	37,25	37,85	38,47	39,09
700	39,72	40,35	40,98	41,62	42,27	42,92	43,57	44,23	44,89	45,55
800	46,22	46,89	47,57	48,25	48,94	49,63	50,32	51,02	51,72	52,43



**JUMO GmbH & Co. KG**  
Adresse de livraison :  
Mackenrodtstraße 14,  
36039 Fulda, Allemagne  
Adresse postale :  
36035 Fulda, Allemagne  
Tél. : +49 661 6003-0  
Fax : +49 661 6003-607  
E-Mail : mail@jumo.net  
Internet : www.jumo.net

**JUMO Régulation SAS**  
Actipôle Borny  
7 rue des Drapiers  
B.P. 45200  
57075 Metz - Cedex 3, France  
Tél. : +33 3 87 37 53 00  
Fax : +33 3 87 37 89 00  
E-Mail : info@jumo.net  
Internet : www.jumo.fr

**JUMO AUTOMATION**  
S.P.R.L. / P.G.M.B.H. / B.V.B.A  
Industriestraße 18  
4700 Eupen, Belgique  
Tél. : +32 87 59 53 00  
Fax : +32 87 74 02 03  
E-Mail : info@jumo.be  
Internet : www.jumo.be

**JUMO**  
Mess- und Regeltechnik AG  
Laubisrütistrasse 70  
8712 Stäfa, Suisse  
Tél. : +41 44 928 24 44  
Fax : +41 44 928 24 48  
E-Mail : info@jumo.ch  
Internet : www.jumo.ch



## Mesure électrique de la température

### Avec des thermocouples et des sondes à résistance

de Matthias Nau

Aujourd'hui, on ne peut pas imaginer l'automatisation et la fabrication des biens de consommation sans les éléments sensibles électriques. Alors que l'automatisation croît à une vitesse vertigineuse, leur progression dans l'industrie n'a pas cessé au cours des dernières années et décennies..



Figure 13 : ouvrage  
„Mesure électrique de la température“  
Avec des thermocouples et  
des sondes à résistance

C'est pourquoi il est d'autant plus important pour l'utilisateur de trouver parmi les nombreux moyens proposés pour mesurer électriquement la température celui qui est le mieux adapté à son cas.

Ce guide de 164 pages présente les bases théoriques de la mesure électrique de la température, la réalisation des éléments sensibles dans la pratique, leur normalisation, le raccordement électrique, les tolérances et les différents modèles.

De plus, il donne des détails sur les différentes armatures pour les thermocouples, leur classification suivant les normes et les différents domaines d'utilisation. Le livre est complété par des tableaux détaillés sur les forces électromotrices et les résistances suivant les normes EN, ce qui en fait un guide précieux pour les débutants en matière de mesure électrique de la température. Vous pouvez commander ce guide sous le nu-

méro d'article 90/00431166 ou le télécharger à l'adresse [www.jumo.fr](http://www.jumo.fr)

## Etude des erreurs d'une chaîne de mesure de température

### avec exemple de calcul

de Gerd Scheller

Ce guide de 44 pages est un outil pour estimer l'incertitude de mesure, en particulier grâce aux exemples de calcul du chapitre 3. Nous sommes tout disposés à discuter avec nos clients de cas concrets et à leur apporter une aide effective.



Figure 14 : ouvrage  
„Etude des erreurs d'une chaîne de mesure de température avec exemple de calcul“

Pour pouvoir comparer des mesures, il faut connaître leur qualité, c'est-à-dire indiquer l'incertitude de mesure. Le „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement“, ISO/BIPM publié en 1993, généralement abrégé GUM, introduit une méthode standard pour déterminer et indiquer l'incertitude de mesure. Cette méthode a été reprise dans le monde entier par les laboratoires de calibrage. Toutefois, il faut certaines connaissances mathématiques pour l'appliquer. Certains chapitres de la brochure expliquent, de manière simplifiée, l'incertitude de mesure pour tous les utilisateurs de chaînes de mesure de la température.

Les erreurs dues au montage des capteurs de température et au raccordement du circuit électronique d'analyse conduisent à une augmentation de l'erreur de mesure. A cela

s'ajoutent des quotes-parts d'incertitude de mesure est suivie d'exemples de calcul.

Lorsque l'utilisateur connaît les quotes-parts d'incertitude de mesure et leur ordre de grandeur, il a la possibilité de réduire certaines quotes-parts en modifiant les conditions de montage ou en changeant d'appareils. Il est impératif de savoir quelle incertitude de mesure appliquer à une mesure. Par ex., si une norme indique une valeur limite pour l'écart de la température par rapport à la consigne, l'incertitude de mesure du dispositif de mesure utilisé devra être égale au maximum à 1/3 de cette valeur limite

Vous pouvez commander ce guide sous le numéro d'article 90/00429854 ou le télécharger sur Internet sous [www.jumo.fr](http://www.jumo.fr)

**JUMO GmbH & Co. KG**

Adresse de livraison :  
Mackenrodtstraße 14,  
36039 Fulda, Allemagne  
Adresse postale :  
36035 Fulda, Allemagne  
Tél. : +49 661 6003-0  
Fax : +49 661 6003-607  
E-Mail : mail@jumo.net  
Internet : www.jumo.net

**JUMO Régulation SAS**

Actipôle Borny  
7 rue des Drapiers  
B.P. 45200  
57075 Metz - Cedex 3, France  
Tél. : +33 3 87 37 53 00  
Fax : +33 3 87 37 89 00  
E-Mail : info@jumo.net  
Internet : www.jumo.fr

**JUMO AUTOMATION**

S.P.R.L. / P.G.M.B.H. / B.V.B.A  
Industriestraße 18  
4700 Eupen, Belgique  
Tél. : +32 87 59 53 00  
Fax : +32 87 74 02 03  
E-Mail : info@jumo.be  
Internet : www.jumo.be

**JUMO**

Mess- und Regeltechnik AG  
Laubisrütistrasse 70  
8712 Stäfa, Suisse  
Tél. : +41 44 928 24 44  
Fax : +41 44 928 24 48  
E-Mail : info@jumo.ch  
Internet : www.jumo.ch



## Deutscher Kalibrierdienst (DKD) chez JUMO

### Laboratoire de calibrage pour la grandeur de mesure Température

A cause d'une prise de conscience accrue quant à la qualité, de l'amélioration des techniques de mesure et surtout des systèmes d'assurance-qualité comme par ex. la norme ISO 9000, les exigences en matière de documentation des process et de surveillance des outils de mesure sont plus sévères. A cela s'ajoute les demandes des clients de normes de qualité élevées pour leurs produits. Les normes ISO 9000 et

EN 45 000, ont des exigences particulièrement sévères : les mesures doivent être raccordées à des étalons nationaux ou internationaux. Le principe légal est le suivant : les fournisseurs et les fabricants (de produits soumis à des process dont la température est une grandeur essentielle) sont obligés de faire vérifier, avant utilisation ou à des intervalles de temps déterminés, tous les moyens de test qui peuvent affecter la qualité du produit. En règle générale, il s'agit de calibrer et d'ajuster les outils certifiés. Comme la demande en appareils calibrés est très importante, les organismes gouvernementaux ne suffisent pas. C'est pourquoi l'industrie a créé des laboratoires de calibrage rattachés au Deutscher Kalibrierdienst (DKD) et sous l'autorité du Physikalisch-Technischer-Bundesanstalt (PTB) pour les questions de métrologie.

Dans le laboratoire de calibrage DKD de JUMO, on effectue des calibrages pour la grandeur de mesure Température depuis 1992. Cette installation permet de proposer à tous le calibrage comme une prestation de service, dans un cadre attractif du point de vue prix et temps.

Il est possible d'établir des certificats de calibrage DKD, pour les sondes à résistance, les thermocouples, les chaînes de mesure à affichage direct, les enregistreurs, les calibrateurs de température à bloc et les sondes de température avec convertisseur de mesure intégré sur la plage de mesure -80 à +1100°C. Le raccordement à des étalons de référence y est le critère le plus important. C'est pourquoi tous les certificats de calibrage DKD sont reconnus sans autre preuve du raccordement. Le laboratoire de calibrage DKD de JUMO est accrédité conformément à la norme EN ISO/CEI 17 025 sous la référence DKD-K-09501-04.