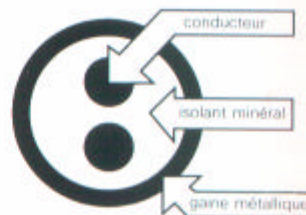


1 - DESCRIPTION DU CÂBLE

Le câble utilisé dans les thermocouples, dit câble à isolant minéral est constitué de deux conducteurs (ou quatre par paires) en métaux différents, d'un isolant en magnésie et d'une gaine métallique.



1.1 - L'ISOLANT MINÉRAL

- L'isolant utilisé dans les câbles pour thermocouples est de la magnésie ou de l'alumine très fortement compactée dans une gaine métallique continue.
- Dans certains cas (atmosphère d'eau sous pression), il est préféré l'alumine (Al₂O₃).
- Les isolants minéraux répondent à la norme ASTM E 235-82.

ISOLANT	MAGNÉSIE %	ALUMINE %	BORE + CADMIUM P.P.M.	SOUFRE P.P.M.	CARBONE P.P.M.
Magnésie	≥99,4	—	≤30	≤50	≤300
Alumine	—	≥99,5	≤30	≤50	≤300

Propriétés

- L'isolant protège les conducteurs contre toute contamination chimique, par exemple l'oxydation, qui pourrait entraîner une dérive rapide de leurs caractéristiques.
- La densité et la conductibilité thermique de la magnésie assurent un temps de réponse pratiquement égal à celui du fil nu de diamètre équivalent.

1.2 - les conducteurs

a) Les conducteurs des câbles pour thermocouples sont de natures différentes et peuvent être répertoriés comme suit :

NATURE DES CONDUCTEURS ET NORMES

Symbole	Nature du thermocouple	Polarité	Magnétisme (1)	Repérage des conducteurs couleurs suivant NFC 42324	Sensibilité environ $\mu V/^{\circ}C$
T	Cuivre	+	A	Jaune	43
	Cuivre Nickel	-	A	Bleu	
J	Fer	+	M	Jaune	53
	Cuivre Nickel	-	A	Noir	
K	Nickel-chrome	+	A	Jaune	41
	Nickel aluminium	-	M	Violet	
E	Nickel-chrome	+	A	Jaune	De 25 à 40
	Cuivre Nickel	-	A	Orange	
N*	Nickel chrome silicium (Nicrosil)	+	A	Orange	De 58 à 80
	Nickel Silicium (Nisil)	-	A	Rouge	
R*	Platine rhodié 13 %	+	A	Jaune	De 5 à 14
	Platine	-	A	Vert clair	
S*	Platine rhodié 10 %	+	A	Jaune	De 2 à 12
	Platine	-	A	Vert clair	
B*	Platine rhodié 30 %	+	A	Jaune	De 2 à 11
	Platine rhodié 6 %	-	A	Gris	

(1) MAGNÉTISME : A = amagnétique M = magnétique * Sur demande uniquement
 Pour toute autre norme ou spécification particulière, physique ou thermoélectrique, nous consulter.

b) Les câbles pour thermocouples simples ou duplex peuvent être à 2 ou 4 conducteurs (cf § 2 et 3).

1.3 - Gaine du câble pour thermocouples

a) Nature de la gaine

La nature de la gaine des câbles utilisés pour les thermocouples dépend de leur emploi. Ci-après, quelques natures de gaines et leurs caractéristiques. (Pour tout cas particulier, nous consulter. Un grand choix de diamètres et de matériaux de gainage permet de trouver une solution appropriée).

NATURE DES GAINES

NATURE DE LA GAINÉ	SYMBOLE	COMPOSITION %	TEMPERATURE DE FUSION °C	NORMALISATION		
				AFNOR	AISI	DIN
Cuivre	C	Cuivre désoxydé au phosphore	1083	Cu/b1		
Acier inoxydable	I	Nickel 8 à 11 Chrome 17 à 19 Carbone 0,03	1300 à 1450	Z2 CN 18-10	304L	1.4306
	I Mo	Nickel 13 Chrome 17 Carbone 0,03 Molybdène 2,20	1300 à 1450	Z2 CND 18-12	316L	1.4404
Inconel 600*	Inc	Nickel 72 Chrome 16,5 Fer 8	1370 à 1425	NC 15 Fe	UNS N0 6600	2.4816
Acier réfractaire	R	Nickel 32,5 Chrome 21 Carbone 0,1	1350 à 1380	Z15 CNS 25-20	310	1.4841

Sur demande, il est possible de fournir des câbles avec gaine 316 Ti - 321 - 347.

* Marque déposée.

b) Caractéristiques de la gaine

- La gaine peut être soudée ou brasée sur divers appareillages.
- La gaine métallique continue assure l'étanchéité des câbles pour thermocouples. Cette étanchéité peut être vérifiée par test hélium ou ressuage à l'alcool.
- Cette gaine garantit une résistance d'isolement excellente même dans des atmosphères saturées d'humidité.

1.4 - Compatibilité des éléments constitutifs et conseils d'utilisation

Les divers couples thermo-électriques cités ci-dessus sont compatibles avec les différents types de gaine répertoriés dans le tableau ci-dessous compte tenu des températures maximales conseillées d'utilisation (en °C, suivant norme NFC 42.325/87).

NATURE DE GAINÉ	TYPE DE CÂBLE				
	K	N	T	J	E
Aciers inoxydables	600°C	600°C	350°C	600°C	600°C
Alliages de nickel	1000°C	1100°C	-	750°C	800°C
Aciers réfractaires	1000°C	1100°C	-	-	-

Ces températures tiennent compte : - des alliages thermo-électriques utilisés,
- de la nature des gaines compatibles.

2 - CÂBLES À 2 CONDUCTEURS POUR THERMOCOUPLE SIMPLE.



2.1 - Principales gammes de câbles et leur appellation.

TYPE DU COUPLE		TYPE DE GAINÉ		Références
Symbole	Nature	Nature	Symbole	
T	Cuivre/Cuivre Nickel	Cuivre Inox 304 L	C I	TC TI
J	Fer/Cuivre Nickel	Inox 304 L Inconel 600 Inox 316 L	I Inc IMo	Jl JInc JIMo
K	Nickel chrome/Nickel aluminium	Inox 304 L Inconel 600 Réfractaire 310 Inox 316 L Inox 316 Ti Inox 321 Inox 347	I Inc R IMo IMo Ti iTi INb	KI KInc KR KIMo KIMo Ti KiTi KiNb
E	Nickel chrome/Cuivre nickel	Inox 304 L Inconel 600 Inox 316 L	I Inc IMo	EI EInc EIMo
N	Nickel chrome Silicium (Nicrosil) Nickel silicium (Nisit)	Inconel 600 Réfractaire 310	Inc R	NInc NR
R	Platine rhodié 13 %/Platine	Platine rhodié 10 %	Pt 10 %/Rh	RPT 10 %/Rh
S	Platine rhodié 10 %/Platine	Platine rhodié 10 %	Pt 10 %/Rh	SPt 10 %/Rh
B	Platine rhodié 30 %/Platine- rhodié 6 %	Platine rhodié 10 %	Pt 10 %/Rh	BPT 10 %/Rh

2.2 - Types de fabrication

Nous distinguons deux types essentiels de fabrication répertoriés dans les tableaux figurant ci-dessous. Les caractéristiques relatives aux longueurs de fabrication, aux résistances à 20°C et aux diamètres extérieurs ne sont données qu'à titre indicatif et ne sauraient constituer un engagement contractuel de livraison.

Les tolérances sont de :

- $\pm 15\%$ pour les résistances à 20°C.
- $\pm 5\%$ sur les longueurs de livraison.

TOLÉRANCES SUR CARACTÉRISTIQUES DIMENSIONNELLES

DIAMÈTRE EXTERIEUR mm	TOLÉRANCE mm
8 - 6	$\pm 0,05$
4,5 - 3 - 2	$\pm 0,03$
1,5 - 1	$\pm 0,02$
0,5 - 0,25	$\pm 0,01$

Deux possibilités sont offertes :

a) Fabrication conforme aux NFC 42325/86 ou ASTM E 235/82

CARACTÉRISTIQUES DIMENTIONNELLES ET TOLÉRANCES

Ø Extérieur (mm)	Ø Conducteur (mm)	Épaisseur gaine (mm)	Longueur théorique de fabrication (m)	RÉSISTANCE A 20°C EN Ω/m									
				Couple T		Couple J		Couple K		Couple E		Couple N	
				Cuivre	Cuivre Nickel	Fer	Cuivre Nickel	Nickel-Chrome	Nickel-Aluminium	Nickel-Chrome	Cuivre Nickel	Nickel-Chrome Silicium	Nickel Silicium
8,0	1,53	1,00	55	0,009	0,26	0,05	0,26	0,39	0,17	0,39	0,26	0,53	0,196
6,35*	1,21	0,79	90	0,015	0,42	0,09	0,42	0,62	0,27	0,62	0,42	0,85	0,31
6,00	1,13	0,75	100	0,017	0,48	0,10	0,48	0,71	0,31	0,71	0,48	0,98	0,36
4,75*	0,89	0,59	160	0,027	0,77	0,16	0,77	1,14	0,50	1,14	0,77	1,57	0,58
4,50	0,84	0,56	175	0,030	0,87	0,18	0,87	1,28	0,56	1,28	0,87	1,73	0,65
3,17*	0,58	0,39	360	0,064	1,82	0,38	1,82	2,69	1,17	2,69	1,82	3,71	1,36
3,00	0,56	0,37	400	0,070	1,95	0,41	1,95	2,88	1,26	2,88	1,95	3,98	1,46
2,00	0,36	0,25	900	0,17	4,72	0,98	4,72	6,98	3,04	6,98	4,72	9,63	3,54
1,59*	0,32	0,24	400	0,21	5,97	1,24	5,97	8,83	3,98	8,83	5,97	12,19	4,47
1,50	0,3	0,23	400	0,24	6,8	1,41	6,80	10,0	4,16	10,0	6,8	13,86	5,09
1,00*	0,2	0,15	400	0,55	15,3	3,20	15,3	22,3	9,40	22,30	15,3	31,20	11,46
0,50	0,1	0,076	100	-	-	-	-	90,0	37,0	-	-	124,84	45,86
0,25	0,05	0,038	50	-	-	-	-	371,0	154,0	-	-	-	-

* Diamètres extérieurs suivant ASTM.

b) Fabrication particulière sur demande.

∅ Extérieur (mm)	∅ Conducteur (mm)	Épaisseur gaine (mm)	Longueur théorique de fabrication (m)	Résistance à 20°C. en Ω/m.					
				Couple T		Couple J		Couple K	
				Cuivre	Cuivre nickel	Fer	Cuivre nickel	Nickel-Chrome	Nickel-Aluminium
8,0	1,90	0,75	50	0,006	0,16	0,03	0,16	0,25	0,11
6,0	1,42	0,56	90	0,01	0,30	0,06	0,30	0,44	0,18
4,5	1,07	0,42	165	0,02	0,53	0,11	0,53	0,79	0,33
3,0	0,71	0,28	370	0,03	1,21	0,25	1,21	1,78	0,74

DÉSIGNATION

4.5

K

Inc

nature de la gaine : inconel

type du couple : nickel-chrome/nickel aluminium

∅ extérieur : 4,5 mm

Pour les couples de fabrication suivant ASTM, faire précéder le symbole par la lettre A. Ex : 4,5 AKINC.

3 - Câbles à 4 conducteurs pour thermocouple duplex



3.1 - Principales gammes de câbles et leur appellation

TYPE DU COUPLE	CUIVRE-CUIVRE NICKEL	FER-CUIVRE NICKEL	NICKEL-CHROME / NICKEL-ALUMINIUM		
	T	J	K		
Nature de la gaine	Inox I	Inox I	Inox I	Inconel Inc	Réfractaire R
Référence	DTI	DJI	DKI DKI MO	DK INC	D KR

3.2 - Types de fabrication

Deux types principaux de fabrication existent. Leurs caractéristiques figurent dans les tableaux ci-dessous et leurs tolérances sont identiques à celles des câbles à 2 conducteurs (cf p. 5).

a) Fabrication suivant l'épaisseur de gaine de la NFC 42325/86 ou ASTM E 235/82.

∅ Extérieur (mm)	∅ Conducteur (mm)	Épaisseur gaine (mm)	Longueur théorique de fabrication (m)	Résistance à 20 °C. en Ω/m					
				Couple T		Couple J		Couple K	
				Cuivre	Cuivre nickel	Fer	Cuivre nickel	Nickel-Chrome	Nickel-Aluminium
*8	1,34	1,00	55	0,012	0,34	0,07	0,34	0,51	0,22
6,35	1,06	0,79	90	0,019	0,54	0,11	0,54	0,81	0,35
6,0	1,00	0,75	100	0,021	0,61	0,13	0,61	0,92	0,39
*4,75	0,79	0,59	160	0,035	0,98	0,20	0,98	1,47	0,63
4,5	0,75	0,56	175	0,038	1,09	0,23	1,09	1,63	0,70
*3,17	0,53	0,39	360	0,077	2,17	0,45	2,17	3,26	1,40
3,0	0,50	0,37	400	0,086	2,44	0,51	2,44	3,67	1,58
2,0	0,33	0,25	900	0,199	5,61	1,17	5,61	8,42	3,62
*1,59	0,28	0,24	400	0,276	7,80	1,62	7,80	11,69	5,03
1,5	0,26	0,22	400	0,320	9,04	1,88	9,04	13,56	5,84

*Diamètre extérieur suivant les dimensions ASTM.

b) Fabrication particulière sur demande

∅ Extérieur (mm)	∅ Conducteur (mm)	Épaisseur gaine (mm)	Longueur théorique de fabrication (m)	Résistance à 20°C. en Ω/m.					
				Couple T		Couple J		Couple K	
				Cuivre	Cuivre nickel	Fer	Cuivre nickel	Nickel-Chrome	Nickel-Aluminium
8,0	1,42	0,72	50	0,010	0,30	0,06	0,30	0,45	0,20
6,0	1,07	0,53	90	0,018	0,53	0,11	0,53	0,80	0,34
4,5	0,80	0,42	165	0,034	0,95	0,20	0,95	1,43	0,62
3,0	0,53	0,38	370	0,077	2,17	0,45	2,17	3,26	1,40

- Sur demande, nous pouvons livrer des câbles à 4 conducteurs à gaine renforcée pour :

• type E en 304 L - Inconel 600 - 316 L.

• type N en Inconel 600 et en acier réfractaire 310.

DÉSIGNATION

D

4.5

K

Inc

câble à 4 conducteurs

nature de la gaine : inconel

∅ extérieur : 4,5 mm

type du couple : nickel-chrome/nickel aluminium

Pour les câbles type ASTM, faire précéder le symbole par la lettre A. Ex : D 4,5 AKINC

CABLES THERMOCOUPLES

LES AMES – Composition et résistance de ligne

Section en mm ²	Composition	Résistance de ligne Ω/m Câble 1 paire – Aller / Retour			Nature des Ames		
		K	J	T	+	-	
0,03	1 x 0,2mm	31,9	19,5	16,1	K	Nickel - Chrome	Nickel - Allié
0,05	1 x 0,25mm	19,6	11,6	9,9			
0,2	1 x 0,5mm	4,9	2,9	2,5	J	Fer	Constantan
0,22	7 x 0,2 ou 3 x 0,3mm	4,4	2,7	2,2			
0,5	1 x 0,8mm	1,93	1,17	0,98	T	Cuivre	Constantan
2	1 x 1,6mm	0,48	0,28	0,24			

Autres thermocouples : sur demande

TOLERANCES

Suivant Normes NF EN 60584-2 et IEC 584-2

Classe 1			Classe 2		
K	J	T	K	J	T
-40°C à 375°C	-40°C à 375°C	-40°C à +125°C	-40°C à 333°C	-40°C à 333°C	-40°C à +133°C
+/- 1,5°C	+/- 1,5°C	+/- 0,5°C	+/- 2,5°C	+/- 2,5°C	+/- 1°C
375°C à 1000°C	375°C à 750°C	+125°C à 350°C	333°C à 1200°C	333°C à 750°C	+133°C à 350°C
+/- 0,004(t)	+/- 0,004(t)	+/- 0,004(t)	+/- 0,0075(t)	+/- 0,0075(t)	+/- 0,0075(t)

CODE DE COULEURS

Suivant Norme IEC 584-3

Symbole	Conducteurs		Gaine extérieure
	Positif	Négatif	
K	Vert	Blanc	Vert
J	Noir	Blanc	Noir
T	Brun	Blanc	Brun

Spécifications pouvant être modifiées sans préavis.

Rév. 00 18/10/00