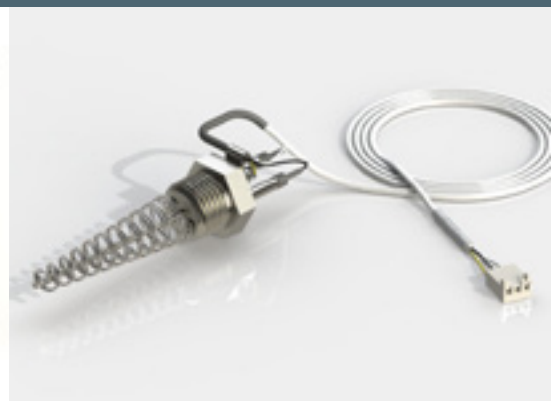
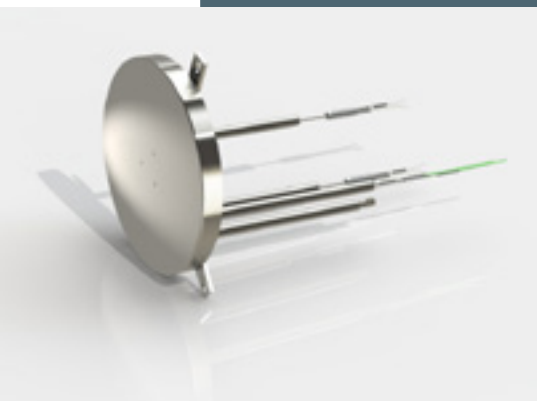
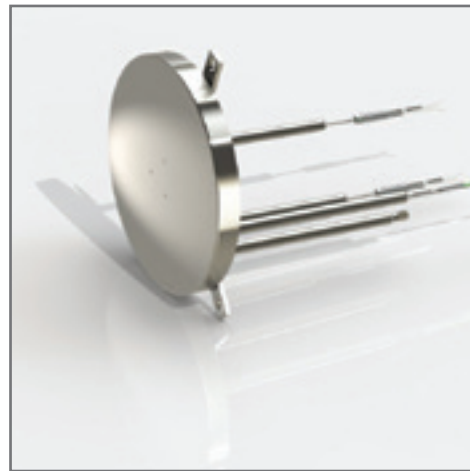
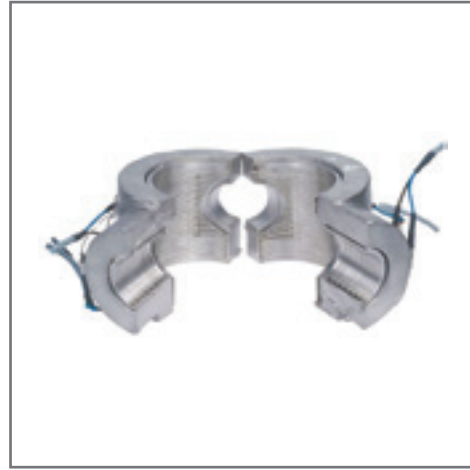




➤ Comment choisir votre élément chauffant THERMOCOAX ?





Sommaire

CHAUFFAGE

Introduction.....	4
Les éléments chauffants THERMOCOAX	5
Les matériaux	6-7
Puissance dissipée élevée - Rétreints	7
Les méthodes de montage	8-9
Choix de l'élément chauffant	10
Votre solution THERMOCOAX	11
» Gamme standard.....	12
» Éléments monofilaires sans extrémités froides	13
avec extrémités froides.....	14
avec extrémités très froides	15
autorégulés.....	16
avec âme spiralée	17
» Éléments bifilaires avec et sans extrémités froides	18
Les connexions associées.....	19
Les accessoires	20
EXPERTISE	21-26
Qualité	27
CONTACT	28

➤ Introduction

➤ LE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE

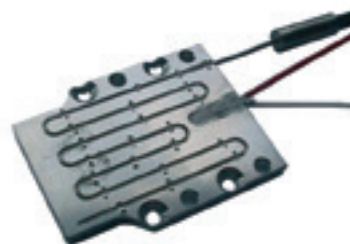
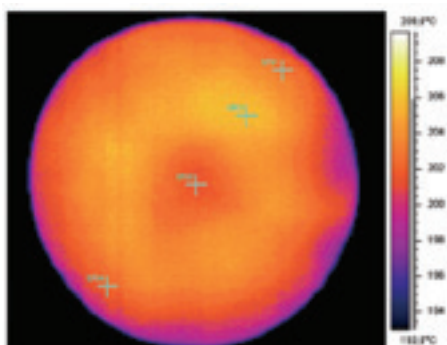
Le chauffage électrique est l'une des premières applications de l'électricité.

Au cours du siècle dernier, des milliers de problèmes de chauffage ont été résolus en utilisant des puissances allant de quelques watts au mégawatt. Bien que les principes utilisés soient toujours identiques, les besoins et les solutions retenues diffèrent sensiblement.

Depuis le four industriel construit à l'unité jusqu'aux appareils domestiques produits en grande série, il existe un grand nombre de besoins qui ne peuvent se contenter de solutions préétablies.

Dans de tels cas, THERMOCOAX offre la plupart du temps une solution appropriée :

- Performances de Chauffage :
 - conditions cryogéniques
 - jusqu'à 1 000°C
- Dissipation de faibles ou de très fortes puissances (quelques watts à plusieurs dizaines de kilowatts),
- Utilisation dans l'air, sous vide ou sous pression et dans tout milieu corrosif compatible avec la gaine,
- Applications nécessitant des composants de haute fiabilité.



**UNE SOLUTION
THERMOCOAX
POUR CHACUNE DE
VOS APPLICATIONS**

➤ LE TRANSFERT THERMIQUE

Un échange thermique n'apparaît que lorsqu'il existe une différence de température entre deux corps appposés.

Avec le chauffage électrique, ce transfert n'a lieu qu'au point de dissipation énergétique ou très près de celui-ci.

Le transfert thermique est toujours une combinaison de 3 phénomènes :

- la conduction
- la convection
- le rayonnement

Quand on chauffe des solides, c'est essentiellement la conduction qui joue un rôle, alors que dans un liquide, le chauffage s'amorce par conduction puis se poursuit par convection. En milieu gazeux, on peut difficilement parler de conduction : le transfert thermique y est essentiellement assuré par la convection.

Bien qu'étant toujours présent, le rayonnement dépend pour beaucoup du niveau de température. Sous vide, c'est souvent le seul moyen de transmission de la chaleur.

Ces trois phénomènes jouent donc un rôle dans les échanges thermiques : mais la part de chacun d'eux dépend des conditions particulières propres à chaque dispositif.

THERMOCOAX propose une solution adaptée à chaque application. Les pages suivantes donnent une description des divers types de câbles et d'éléments chauffants qui répondent à la plupart des besoins.

Les éléments chauffants THERMOCOAX

► CONSTRUCTION D'UN ÉLÉMENT CHAUFFANT THERMOCOAX

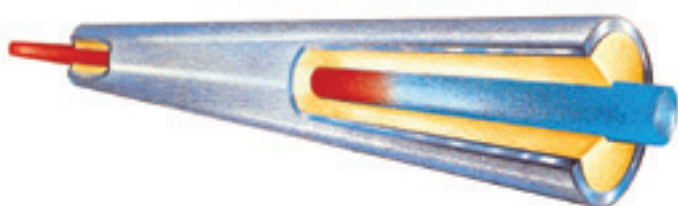
Les éléments chauffants THERMOCOAX sont des résistances blindées de faible diamètre susceptibles d'être mis en forme pour s'intégrer dans les dispositifs les plus simples comme les plus complexes.

Ils sont constitués d'un fil résistif, noyé dans un isolant en poudre fortement comprimé à l'intérieur d'une gaine métallique étanche.

Dans les cas de forte dissipation de puissance, THERMOCOAX a développé une technologie d'éléments chauffants avec parties froides afin de permettre efficacement leur intégration dans le système et un raccordement électrique sécurisé.

L'association d'un faible diamètre et d'un isolant fortement compacté permet de réaliser, à partir d'un tel câble, des éléments chauffants pouvant prendre pratiquement n'importe quelle forme sans risque de détérioration de l'isolant et/ou de la gaine.

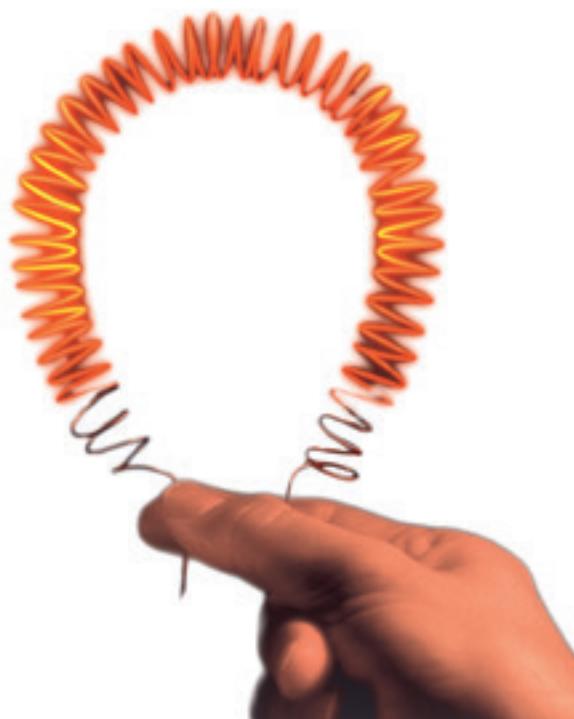
Pour obtenir un contact thermique efficace, et donc optimiser le transfert thermique, le câble peut être mis en forme, brasé ou soudé.



**Gaine continue
sans raccord ni surépaisseur**

**FAIBLE RAYON
DE COURBURE :
SEULEMENT
3 X DIAMÈTRE EXTÉRIEUR**

**DEPUIS LES TEMPÉRATURES
CRYOGÉNIQUES
JUSQU'À + 1000°C**



>> Montage facile

BLINDÉS

Les éléments THERMOCOAX peuvent être montés directement sur tout support métallique.

FAIBLE RAYON DE COURBURE

Seulement 3 fois le diamètre extérieur : ils peuvent être courbés pour épouser la forme du support.

FAIBLE ENCOMBREMENT

Les éléments peuvent être placés à l'endroit même où l'on désire dissiper l'énergie, d'où des pertes thermiques et une consommation énergétique faibles.

EXCELLENT ÉCHANGE THERMIQUE

Les éléments chauffants peuvent être brasés sur tout support métallique.

➤ Les matériaux constituant les éléments chauffants

➤ AME

>> Pour la partie chauffante :

Nickel chrome 80/20 en général, cas particuliers : Balco® ou nickel pur

>> Pour les parties froides :

Cuivre (nickel dans quelques cas particuliers).

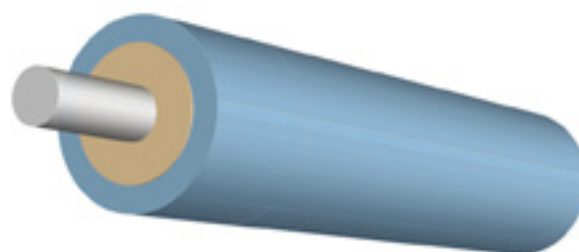
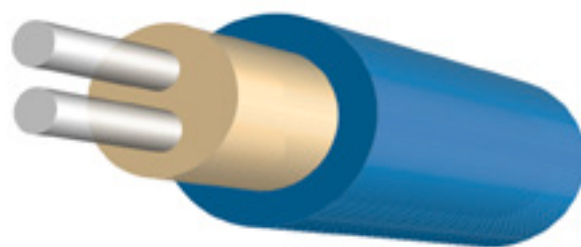
➤ ISOLANT

Isolant minéral en poudre fortement comprimée.

➤ GAINÉ

Acier inoxydable AISI 304L pour des températures inférieures à 600°C.

Alliage Inconel® 600 pour des températures supérieures à 600°C.



**LES MATÉRIAUX CITÉS
CI-DESSOUS SONT STANDARDS.
D'AUTRES SONT DISPONIBLES
SUR DEMANDE.**

TYPE	STANDARDS	UTILISATION
Ac Acier inoxydable bas carbone	NF Z2CN18-10 DIN X2Cr - NI 18.9 1.4306 BS 304 S12 AISI 304L	• Facile à souder, • Résistant à la chaleur et à la corrosion dans des milieux agressifs tels que vapeur, gaz, etc. • Peu sensible à la corrosion inter cristalline à cause de la faible teneur en carbone. • Température maximale d'utilisation en continu : 600°C Utilisation : Énergie nucléaire, industrie chimique, alimentaire et automobile, recherche et développement
I Alliage Inconel® 600	NF NC15Fe DIN 17742 ; 2-4816 AISI B168, 163, 167	• Résistant à la corrosion en atmosphère oxydante jusqu'à 1150°C, • Résistant à une faible corrosion électrochimique, • Utilisable sous CO₂ jusqu'à 500°C, • Non recommandé au-delà de 500°C en atmosphère sulfureuse, • Perméable H₂ à haute température, • Utilisable dans l'eau exempte de chlorure jusqu'à 500°C. Utilisation : à haute température et sous atmosphère corrosive

➤ Les matériaux

>> Propriétés physiques des matériaux

	Ac	I	Cu	Ni	Ba	Nc
Matériaux	Acier inox 304 L	Alliage Inconel®600	Cu/al	Ni 270	Balco	Nickel-Chrome 80/20
Point de fusion (°C)	1 425	1 400	1 080	1 440	1 425	1 380
Température maximale d'utilisation (°C)	800	1 050	300	800	700	1 050
Coefficient de dilatation (10 ⁻⁶ /mK)	17.3	13.3	18	13.3	13	15
Chaleur spécifique (J/kg K)	500	444	385	444	460	440
Conductivité thermique (W/mK)	14.7	14.8	394	85.7	14	15
Résistivité par centimètre (iΩ .cm)	72	103	1.8	7.5	118	112
Coefficient de la température de résistivité entre 0 and 100°C	0.00125	0.0001	0.0037	0.0076	0.0045	0.0001

➤ Puissance dissipée élevée

Pour augmenter la puissance dissipée sans faire chauffer les connecteurs manière excessive, des solutions avec rétreint peuvent être également envisagées.

AUGMENTER LA PUISSANCE DISSIPÉE

➤ RÉTREINT MÉDIAN

Permet de doubler la puissance. Les combinaisons de diamètres possibles sont les suivantes :

6 - 4 - 6 mm
4 - 3 - 4 mm
3 - 2 - 3 mm
2 - 1.5 - 2 mm



➤ RÉTREINT D'EXTRÉMITÉ

Permet de multiplier la puissance par 4. Dans ce cas, l'extrémité du câble est normalement mise à la masse. Le rapport entre les diamètres est de 1 à 2.

Cette solution est applicable lorsque la tension d'alimentation est inférieure à 48 VDC ou 24 VAC.



La réalisation des rétreints peut s'appliquer aussi bien sur les éléments chauffants avec ou sans extrémités froides : elle permet de doubler ou de quadrupler la puissance d'un élément chauffant.

➤ Les méthodes de montage

Grâce à leur gaine métallique étanche et à l'isolement du fil résistif, les éléments chauffants THERMOCOAX peuvent être fixés sur tout type de support, qu'il soit isolant ou métallique, par bobinage, insertion dans une pièce métallique ou encore par brasage.

L'excellent transfert thermique entre âme et gaine du câble THERMOCOAX est bien adapté aux applications qui nécessitent la dissipation de fortes puissances spécifiques. Lors du montage de l'élément chauffant sur une pièce, on veillera à ce que la capacité de transfert thermique soit compatible avec la puissance requise ainsi qu'avec la distribution de température souhaitée.

En pratique, il faudra optimiser la conduction par la mise en contact de l'élément chauffant avec son support afin d'éviter les points chauds.

Le choix du montage dépend non seulement des besoins en puissance, mais également des autres paramètres de base tels que le niveau de température, l'encombrement disponible, les temps de réponse (montée en température et refroidissement) ainsi que la tension d'alimentation.

Quelques méthodes de montage sont décrites ci-après dans l'ordre des flux thermiques croissants.

La flexibilité du câble THERMOCOAX permet de plier l'élément chauffant afin d'obtenir le meilleur contact thermique.

Le rayon de courbure minimum est égal à seulement :

- 2 fois le diamètre du câble pour les éléments avec gaine en acier inoxydable,
- 3 fois le diamètre du câble pour les éléments avec une gaine en alliage Inconel®.

Le pliage répété n'altère pas le câble THERMOCOAX. Ni la gaine, ni l'âme ne seront endommagés et l'isolant garde toutes ses propriétés.

Faible flux thermique : < 3 W/cm², soit <100 W/m pour un câble de Ø 2 mm

Pour un faible flux thermique, il n'est pas nécessaire, quelle que soit la température à atteindre, d'avoir un très bon contact thermique entre l'élément chauffant et la pièce à chauffer.

Tous les modes de fixation sont adaptés, y compris les plus simples (figures 1 à 4).



Flux thermique moyen : 3 à 6 W/cm², soit < 300 W/m pour un câble de Ø 2 mm

➤ Si la température à atteindre est inférieure à 300°C, le flux thermique peut être considéré comme étant relativement faible et tous les modes de fixation sont adaptés.

➤ Si la température est comprise entre 300 et 600°C, un bon contact thermique entre l'élément chauffant et la pièce à chauffer est souhaitable.

Aussi, les modes de fixation selon les figures 5 à 9 sont préconisés.

➤ Au-dessus de 600°C, un très bon contact thermique est requis. Voir figure 6 à 9.

Flux thermique élevé : > 6 W/cm², soit 300 à 1000 W/m pour un câble de Ø 2 mm

Lorsque le contact thermique doit être parfait entre l'élément chauffant et la pièce à chauffer, seules les fixations 7, 8 et 9 seront adaptées.



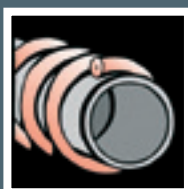
Les méthodes de montage

Plus la température et la puissance dissipée sont élevées, meilleur doit être l'échange thermique. Plusieurs méthodes de montage facilitent cet échange thermique. Elles sont décrites ci-après dans l'ordre des flux thermiques croissants : brasage, insertion dans une gorge, noyé dans un métal comme le zinc, l'aluminium, etc.



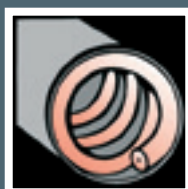
1

L'élément chauffant est enroulé autour de la pièce.



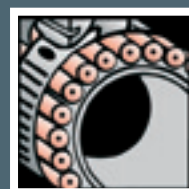
2

L'élément chauffant est introduit à l'intérieur d'un tube.



3

L'élément chauffant est fixé sur la pièce à l'aide de colliers.



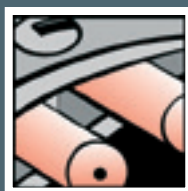
4

L'élément chauffant est fixé par des pontets soudés.



5

L'élément chauffant est serré entre 2 plaques métalliques.



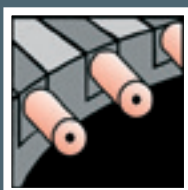
6

L'élément chauffant est brasé (ou shoopé) sur le tube.



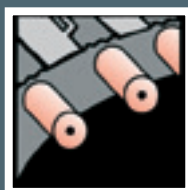
7

L'élément chauffant est introduit dans des gorges et recouvert par un métal ou maté.



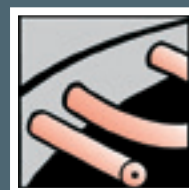
8

L'élément chauffant est brasé dans des gorges.



9

L'élément chauffant est noyé dans de l'aluminium ou de l'argent.



➤ Choix de l'élément chauffant

>> Une gamme complète

Quelle que soit la puissance exigée, la température à atteindre ou le milieu ambiant, il existe une solution THERMOCOAX. Le tableau ci-dessous illustre la diversité des solutions proposées.

Types	Extrémités	Code	Diamètre* en mm						
			0,5	1	1,5	2	2,5	3	4
Monofilaires	Avec extrémités froides	Standard SEI		+	+	+		+	
		Standard SEA		+	+	+			
		Sur demande ZEZ		+	+	+	+	+	+
		Sur demande ZUZ			+	+	+	+	+
	Sans extrémité froide	1Nc	+	+	+	+	+	+	+
		1Hc		+	+	+	+	+	+
	Avec extrémités très froides	TET ou TUT			+	+	+	+	
	Avec rétreint médian				+	+		+	+
	Autorégulés	1N (nickel)	+	+	+	+			
		1Ba (Balco)			+	+			
	Avec âme spiralée	NWN, NWNN, NWBaN			+				
Bifilaires	Sans extrémité froide	2 NcNc	+	+	+	+	+	+	+
		2 NN		+	+	+	+	+	
		2 BaBa		+	+	+			
	Avec extrémités froides	2 ZE		+	+	+	+	+	+

* Autres diamètres (> 4 mm) peuvent être réalisés sur demande.

➤ COMMENT CHOISIR VOTRE ÉLÉMENT CHAUFFANT

Dans toutes les applications, il existe des paramètres et des contraintes bien définis tels que : puissance, température finale, vitesse de montée en température, volume disponible et possibilités d'alimentation électrique.

Compte tenu du vaste domaine d'applications des éléments chauffants THERMOCOAX, quelques règles simples ont été établies pour permettre de choisir l'élément le mieux adapté.

La grande majorité des applications trouve une solution avec les éléments chauffants monofilaires, diamètre 2mm, avec extrémités froides type SEI ou ZEZ.

Après avoir défini la température à atteindre et estimé la puissance **P** nécessaire, on déterminera l'élément chauffant. Si la tension d'alimentation **V** est imposée, on calculera la résistance de ligne **R = V²/P**, puis on déduira la longueur chauffante **L = R/r**, **r** étant la résistance métrique de l'élément choisi.

Le maintien de l'élément chauffant à la température d'équilibre pourra être obtenu au moyen d'un thermocouple et d'un régulateur par angle de phase.

**AUTRES DIAMÈTRES :
SUR DEMANDE.**



Votre solution THERMOCOAX

THERMOCOAX a développé une vaste gamme d'éléments et de dispositifs chauffants intégrés en tant que systèmes standard dans de nombreuses applications spécifiques.

Afin de déterminer avec précision votre élément chauffant ou application, les informations de base ci-dessous sont nécessaires pour répondre à votre demande.

UNIQUE SOLUTION

PRÉCISION SUR	PROPRIÉTÉS
Température de fonctionnement	De °C à °C
Environnement	Air ☐ Sous vide ☐ Liquide ☐ Pression ☐ Gaz ☐ Autres : merci de préciser
Pièce à chauffer	Matériaux : acier, liquide, gaz, plastique, huile
	Masse Kg
	Dimensions :
	Transition chaud/froid localisation
	Pièce à chauffer fournie : OUI NON
Caractéristiques électriques	Puissance W Intensité A Résistance Ω Voltage V
Autre information	
Tests	
Qualification/Certification	Contrôle AQ, Certification : MIL, ANSI, ISO, ATEX...
Votre besoin	Prototypes : ☐ Production de séries : ☐ pièces
Dessin de l'assemblage	Fourni : ☐ Réalisé par THERMOCOAX ☐

Société
 Adresse

 Nom
 Service
 E-mail.....
 Tél.....
 Fax.....

**ENVOYEZ CE
 FORMULAIRE
 AVEC VOTRE
 CROQUIS A VOTRE
 CONTACT OU À
info@thermocoax.com**

La gamme standard THERMOCOAX

CETTE GAMME COMPREND :

- des éléments type SEA avec gaine en acier inoxydable utilisables depuis les températures cryogéniques jusqu'à +600°C
- des éléments type SEI avec gaine en alliage INCONEL® utilisables depuis les températures cryogéniques jusqu'à +1000°C

DIAMÈTRES EXTÉRIEURS : 2 ET 3 MM

GAINE			Longueur chauffante	R. à 20°C	PUISANCE EN WATTS												
Acier inoxydable 600°C code	Alliage Inconel® 1000°C code	ø ext. mm			m	Ω	100	200	350	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	3500
							Tension d'alimentation (valeur arrondie) correspond à la puissance indiquée ci-dessus										
	SEI 20/50	2	0,5	1,6	12	18	24										
	SEI 20/100	2	1	3,1	18	24	33	40									
SEA 20/150		2	1,5	4,7	22	30	40	48	60	70							
	SEI 20/200	2	2	6,2	24	36	48	56	70	80	90						
SEA 20/300		2	3	9,3		45	60	70	80	100	110	120					
	SEI 20/400	2	4	12,5			70	80	100	110	125	140	150				
SEA 20/500		2	5	15,6				90	110	125	140	150	165	175			
	SEI 20/600	2	6	18,6				95	120	140	150	165	180	190			
SEA 20/800		2	8	25					140	160	180	195	210	220			
	SEI 20/800	2	8	25					140	160	180	195	210	220			
	SEI 30/500	3	5	7			60	70	85	95	100	110	120				
	SEI 30/800	3	8	11,2				90	105	120	130	140	150				
	SEI 30/1000	3	10	14						120	130	145	155	165	220		

DIAMÈTRES EXTÉRIEURS : 1 ET 1,5 MM

GAINE			Longueur chauffante	R. à 20°C	PUISANCE EN WATTS											
Acier inoxydable 600°C code	Alliage Inconel® 1000°C code	ø ext. mm			m	Ω	25	50	75	100	150	200	300	500	750	1000
							Tension d'alimentation (valeur arrondie) correspond à la puissance indiquée ci-dessus									
SEA 10/75	SEI 10/25	1	0,25	3,1	9	12	15	18								
	SEI 10/50	1	0,5	6,2		18	22	25	30	35						
		1	0,75	9,4			28	30	38	45						
	SEI 10/100	1	1	12,5			30	35	45	50	65					
SEA 10/150		1	1,5	18,8				45	55	60	80	95				
	SEI 10/200	1	2	25				50	60	70	95	110	135			
SEA 15/150	SEI 15/50	1,5	0,5	2,8		12	15	18	20	24						
	SEI 15/100	1,5	1	5,5			20	24	28	33	45	50				
		1,5	1,5	8,2				28	35	40	55	65	80			
	SEI 15/200	1,5	2	11					40	48	60	75	90			
SEA 15/300		1,5	3	16,5						60	75	90	110	130		
	SEI 15/200	1,5	4	22							90	105	130	150		

>> Montage :

Il est nécessaire de prendre en compte la tension d'alimentation indiquée dans les tableaux (voir aussi pages 8 et 9) :

- Gris** : faible densité de puissance: tout mode de fixation est acceptable, y compris un simple bobinage.
- Rouge** : le mode de fixation doit assurer un très bon contact thermique.

Tolérances :

Diamètre : ±0,05 mm

Longueur partie chaude :

Câble ≤ 1 m : ±10% - mini : ±50 mm

Câble > 1 m : ±5% - mini : ±100 mm

Extrémités froides : longueurs minimales garanties

Longueur chauffante < 2 m extrémités froides = 0,50 m

Longueur chauffante ≥ 2 m extrémités froides = 1 m

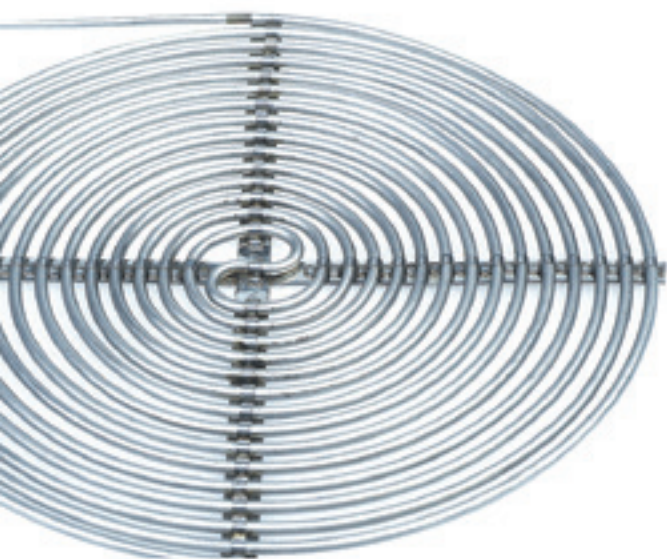
➤ Monofilaires sans extrémité froide

Types 1Nc et 1Hc

Éléments chauffants isolés de la gaine par de la poudre minérale compactée.

Ils conviennent pour toute application lorsque la densité de puissance est faible, généralement <100 W/m, et les extrémités ne traversent pas de paroi.

- Température de fonctionnement : à partir des températures cryogéniques jusqu'à 1000°C avec une gaine en alliage Inconel®
- Diamètres extérieurs disponibles de 0,5 à 6 mm et longueurs jusqu'à 150 m
- Compatibles ultra vide UHV, O₂, pression 2000 bars.
- Rayon de courbure minimal :
Gaine en acier inoxydable : 2 x diamètre extérieur
Gaine en alliage Inconel® : 3 x diamètre extérieur



Tension maximale

La tension d'alimentation est déterminée par le calcul. Elle doit cependant être limitée à 110 V pour les diamètres 1 et 1,5 mm et à 220/380 V pour les diamètres supérieurs.

Quand la température s'élève au-dessus de 600°C, il est conseillé d'employer un transformateur d'isolement.

>> Matériaux :

- **Ame** : nickel-chrome 80/20 sur toute la longueur
- **Isolant** : minéral en poudre minérale fortement compactée
- **Gaine standard** : acier inoxydable 304L – DIN 1.4306 (Code Ac) ou alliage INCONEL® 600 (code I) selon la température d'utilisation.

Matériaux de gainage pour des applications spécifiques : aciers inoxydables :

- Titane stabilisé (AISI 321, DIN 1.4541)
- Niobium stabilisé (AISI 347, DIN 1.4550)
- Molybdène stabilisé, faible teneur en carbone (AISI 316 L, •DIN 1.4404).
- Aciers inoxydables réfractaires (AISI 310, DIN 1.4891)

Nous consulter.

>> Types standard

Gaine	Acier Inoxydable 304 L	Alliage INCONEL® 600	Acier Inoxydable 304 L	Alliage INCONEL® 600
Ø ext. en mm	1 Nc Ac	1 Nc I	1 Hc Ac	1 Hc I
	Résistance de ligne en ohms/m à 20°C			
0,5	50		-	
1	12,5		28	
1,5	5,5		12,4	
2	3,1		7	
2,5	1,98		4,5	
3	1,38		3,1	
4	0,77		1,75	

Tolérances :

Résistance de ligne : ± 8%-variation de 0 à 1 000°C : environ 5%

Diamètre : ±0,05 mm

Longueurs :

- en bobines avec une tolérance de -0%, +10% sur la longueur totale
- sur demande et selon disponibilités : en une longueur avec une tolérance de - 0%, +10% mis à longueur avec une tolérance de -0%, +2% et équipés de connecteurs

➤ Monofilaires avec extrémités froides Types ZEZ et ZUZ

Ils sont les plus utilisés.

Gainés Inconel® ou Acier inoxydable, ils constituent la gamme standard sous la dénomination SEI ou SEA.

Ils conviennent à tout type d'application, faible ou forte puissance ; leur choix sera défini par la résistance de ligne.

Température d'utilisation maximale :

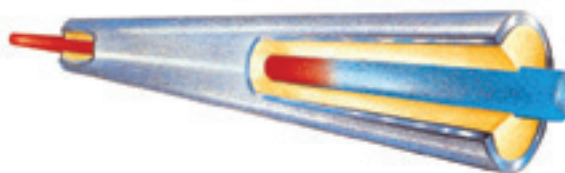
- Partie chaude : 1000°C
- Partie froide : 600°C

**FAIBLE RAYON DE
COURBURE :
SEULEMENT
3 X DIAMETRE
EXTERIEUR**



>> Matériaux

- **Ame** : nickel chrome 80/20 prolongé à chaque extrémité par un fil conducteur en cuivre plaqué acier inoxydable.
- **Isolant** : minéral en poudre minérale fortement compactée.
- **Gaine standard** : continue sur toute la longueur de l'élément chauffant, en acier inoxydable 304 (Code Ac) ou alliage INCONEL® 600 (Code I) selon la température d'utilisation et sans raccord, ni surépaisseur au niveau des transitions chaud/froid.



>> Types standard

Nature de la gaine	Ø ext. en mm	Longueur chaude minimale en cm	ZEZ		ZUZ	
			Résistance de ligne en ohms/m à 20°C			
			Partie chaude	Partie froide	Partie chaude	Partie froide
Acier inoxydable 304 (Ac) ou Inconel® 600 (I)	1	100	12,5	0,6	-	-
	1,5	50	5,5	0,3	12,4	0,3
	2	25	3,1	0,15	7	0,15
	2,5	25	2	0,1	4,5	0,1
	3	25	1,4	0,07	3,1	0,07
	4	25	0,78	0,04	1,8	0,04

Tolérances :

Résistance de ligne : ±8% sur la partie chaude

Longueur partie chaude :

- Câble ≤ 1 m : ±10% - mini : ±50 mm
- Câble > 1 m : ±5% - mini : ±100 mm

Extrémités froides : longueurs minimales garanties

- Longueur chauffante < 2 m -> extrémités froides = 0,50 m
- Longueur chauffante ≥ 2 m -> extrémités froides = 1 m

Diamètre : ±0,05 mm.

Tension maximale

La tension d'alimentation est déterminée par le calcul. Elle doit cependant être limitée à 110 V pour les diamètres 1 et 1,5 mm et à 220/380 V pour les diamètres supérieurs.

Quand la température s'élève au-dessus de 600°C, il est conseillé d'employer un transformateur d'isolement.

➤ Monofilaires avec extrémités très froides Types TET et TUT

Ils sont conseillés lorsque la puissance spécifique (W/m) est très élevée et que les extrémités froides doivent être longues.

Les matériaux et caractéristiques sont identiques à ceux des ZEZ et ZUZ à l'exception de la résistance électrique du fil au niveau des extrémités froides : le rapport des résistances métriques entre partie chauffante et extrémités froides est de :

- environ 80 pour les TET,
- environ 160 pour les TUT.

Ce rapport diminue lorsque les extrémités froides sont portées à 300°C.

- Température maximale d'utilisation :
 - 1000°C sur la partie chauffante
 - 300°C sur les extrémités froides
- Diamètres extérieurs disponibles de 0,5 à 6 mm et longueurs jusqu'à 150 m
- Compatible ultra vide UHV, O₂, pression 2000 bars
- Plus petit rayon de courbure acceptable :
 - Gaine en acier inoxydable : 2 x diamètre extérieur
 - Gaine en alliage Inconel® 600 : 3 x diamètre extérieur



>> Matériaux

- **Ame** : nickel-chrome 80/20 prolongé à chaque extrémité par un fil conducteur en cuivre plaqué acier inoxydable.
- **Isolant** : minéral en poudre minérale fortement compactée.
- **Gaine standard** : continue sur toute la longueur de l'élément chauffant, en acier inoxydable 304 (Code Ac) ou alliage INCONEL® 600 (Code I) selon la température d'utilisation et sans raccord, ni surépaisseur au niveau des transitions chaud/froid.

>> Types standard

Nature de la gaine	Ø ext. en mm	Longueur chaude minimale en cm	TET		TUT	
			Résistance de ligne en ohms/m à 20°C			
			Partie chaude	Partie froide	Partie chaude	Partie froide
Acier inoxydable 304 (Ac) ou Inconel® 600 (I)	1,5	100	5,5	0,07	12,4	0,07
	2	100	3,1	0,04	7	0,04
	2,5	100	2	0,03	4,5	0,03
	3	100	1,4	0,02	3,1	0,02

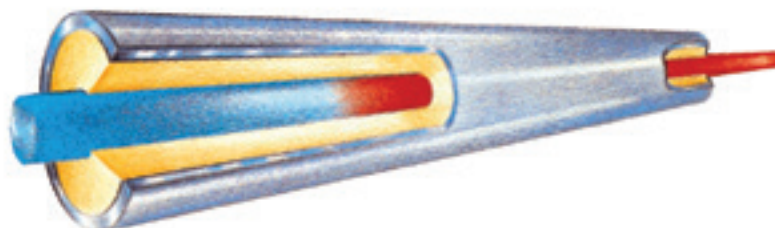
Tolérances :

Résistance de ligne : ±8% sur la partie chaude
Longueur chauffante : ±5% avec ±100 mm minimum
Diamètre : ±0,05 mm

Tension maximale

La tension d'alimentation est déterminée par le calcul. Elle doit cependant être limitée à 110 V pour les diamètres 1 et 1,5 mm et à 220/380 V pour les diamètres supérieurs.

Quand la température s'élève au-dessus de 600°C, il est conseillé d'employer un transformateur d'isolement.



**GAINE HOMOGÈNE
PERMETTANT LA MISE
EN FORME AU NIVEAU
DE LA TRANSITION
CHAUD/FROID.**

➤ Monofilaires autorégulés Types 1N et 1Ba

➤ Fil nickel : type 1 N

➤ Fil Balco : type 1 Ba

Ces éléments chauffants sont utilisés pour des applications nécessitant des puissances relativement faibles (quelques dizaines à quelques centaines de Watts), en particulier pour le dégivrage de matériel embarqué.

L'augmentation de la résistance du nickel ou du Balco avec la température permet dans une certaine mesure de limiter la température du dispositif sans faire appel à un thermostat ou à un régulateur.

La gaine et l'isolant sont identiques à ceux des éléments type 1 Nc, seule diffère la nature du fil qui est en nickel ou en Balco (alliage à base de nickel).

Les caractéristiques sont également identiques à celles des éléments type 1 Nc à l'exception de la résistance de ligne qui varie avec la température.

Comme pour les éléments chauffants en nickel chrome, on peut diminuer la dissipation thermique au niveau des extrémités en utilisant la technologie du rétreint médian.

>> Matériaux

➤ **Fil** : nickel ou Balco

➤ **Isolant** : minéral en poudre fortement comprimée

➤ **Gaine standard** : continue sur toute la longueur de l'élément chauffant, en acier inoxydable (Code Ac) ou alliage INCONEL® 600 (Code I) selon la température d'utilisation.



>> Types standard

Nature de la gaine	Ø ext. en mm	1N		1Ba	
		Résistance de ligne en ohms/m			
		à 20°C	à 600°C	à 20°C	à 600°C
Acier Inoxydable (Ac) ou Inconel® (I)	0,5	5	24	-	-
	1	1,2	6	4	19
	1,5	0,53	2,5	1,8	8
	2	0,3	1,5	1	5

Tolérances :

Résistance de ligne: ±10%

Diamètre: ±0,05 mm.



Tension maximale

La tension d'alimentation est déterminée par le calcul. Elle doit cependant être limitée à 110 V pour les diamètres 1 et 1,5 mm et à 220/380 V pour les diamètres supérieurs.

Quand la température s'élève au-dessus de 600°C, il est conseillé d'employer un transformateur d'isolement.

Monofilaire avec âme spiralée Type NW

▣ **Âme en nickel chrome** : type NWN

▣ **Âme en nickel** : type NWNN

▣ **Âme en Balco** : NWBaN

Ces éléments sont destinés aux applications nécessitant une faible puissance dans un volume réduit. A titre d'exemple, ils sont utilisés dans la fabrication de colliers chauffants miniatures destinés aux buses d'injection.



>> Matériaux

▣ **Fil** : Partie chauffante :

- en standard : nickel chrome
 - avec autolimitation : nickel ou Balco
- Partie froide : nickel

▣ **Isolant** : minéral en poudre fortement comprimée

▣ **Gaine** : acier inoxydable (Ac)

>> Caractéristiques :

▣ **Puissance** : quelques centaines de watts

▣ **Tension d'alimentation** : 110 / 220 V

▣ **Longueur chauffante** : maximum 1m

▣ **Température** : 500°C maximum

>> Types standard

Ø ext. en mm	NWN		NWBaN		NWNN	
	Résistance de ligne en ohms/m à 20°C					
	mini	maxi	mini	maxi	mini	maxi
1,5	70	700	20	160	6	50
2,2	30	1 000	5	180	2	65
3,2	30	1 250	5	230	2	80

Tolérances :

Résistance de ligne : $\pm 10\%$ - veuillez nous consulter pour des résistances supérieures.

Diamètre : $\pm 0,05$ mm.

Tension maximale

La tension d'alimentation est déterminée par le calcul. Elle doit cependant être limitée à 110 V pour les diamètres 1 et 1,5 mm et à 220/380 V pour les diamètres supérieurs.

Quand la température s'élève au-dessus de 600°C, il est conseillé d'employer un transformateur d'isolement.

➤ Bifilaires avec et sans extrémités froides, avec rétreint d'extrémité

Les éléments chauffants bifilaires sont recommandés pour :

- Les faibles puissances (généralement inférieures à 200 W),
- L'utilisation sous basses tensions, les longueurs dépassant rarement 2m

AVANTAGE PARTICULIER :

- Sortie des fils à une même extrémité, d'où facilité d'introduction dans certains dispositifs compacts ou étanches.

Comme les monofilaires, ils existent en 3 versions.



>> Types standard

Nature de la gaine	Ø ext. en mm	2 NcNc	2 BaBa	2 ZE	
				Partie chaude	Partie froide
		Résistance de boucle en ohms/m à 20°C*			
		20°C	600°C	20°C	600°C
Acier inoxydable (Ac) ou Inconel® (I)	0,5	330	-	-	-
	1	82	16	62,5	<5,8
	1,5	35,5	7,1	27,8	<2,5
	2	20,5	4	15,6	<1,4
	2,5	13,1	-	10	<0,75
	3	9,1	-	6,9	<0,37
	4	5,1	-	3,9	<0,22

Tolérances :

Sur la zone chauffante : ±10%
Diamètre : ±0,05 mm

>> Sans extrémité froide

- Type 2 NcNc : puissance constante
- Type 2 BaBa : version autorégulée

>> Avec extrémités froides

➤ Type 2 ZE

Ce type est utilisé lorsque la densité de puissance est supérieure à 100 W/m ou que l'extrémité de l'élément doit traverser une paroi isolante.

>> Partie chaude avec rétreint

➤ Types 2 NcNc, 2 BaBa, 2 ZE

La sortie électrique de plus gros diamètre constitue une partie semi-froide et permet d'augmenter la puissance.

>> Matériaux

- **Fils** : Nickel-chrome (2 NcNc) ou Balco (2 BaBa), pour le type 2 ZE type. Pour le type 2 ZE, les fils en nickel-chrome sont prolongés par des fils en cuivre.
- **Isolant** : minéral en poudre fortement comprimée.
- **Gaine** : acier inoxydable (Ac) ou alliage INCONEL® 600.

Tension maximale

La tension d'alimentation est déterminée par le calcul. Elle doit cependant être limitée à 110 V pour les diamètres 1 et 1,5 mm et à 220/380 V pour les diamètres supérieurs.

Quand la température s'élève au-dessus de 600°C, il est conseillé d'employer un transformateur d'isolement.

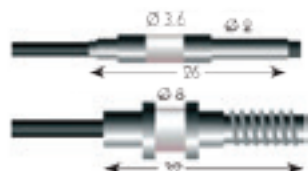
Les éléments chauffants THERMOCOAX sont conçus pour fonctionner dans des conditions les plus diverses et les plus sévères. Un choix de connexions permet de répondre à cette diversité et aux conditions diverses et sévères répondant à toutes les applications. THERMOCOAX propose 2 types de raccordement électrique :

➤ Connecteurs céramique / métal pour des températures supérieures à 200°C

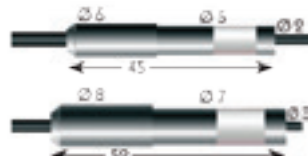
➤ Connecteurs isolés résine pour des températures inférieures à 200°C

>> Connecteurs en céramique / métal

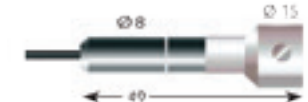
CP
10
CP
15-45



CV
10 to 20
CV
25 to 30



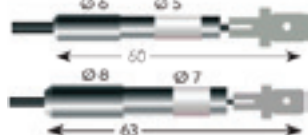
CFG
10 to 30



CFP
10-30



CW1
10 to 20
CW1
25-30



Type Code	Pour élément chauffant Ø (mm)	Température maximale	Intensité maximale (A)*	Alimentation
CP 10 CP 15 CP 20 CP 30 CP 35 CP 40 CP 45	1 1,5 2 3 3,5 4 4,5	600°C en pointe 500°C en continu	10 15 20 30 32 35 38	Douille (pour CP10) + Adaptateur (de CP10 à 30 - supérieur Ø : nous consulter).
CV 10 CV 15 CV 20 CV 25 CV 30	1 1,5 2 2,5 3	500°C en pointe 400°C en continu	9 13 18 25 30	
CFG 10 CFG 15 CFG 20 CFG 25 CFG 30	1 1,5 2 2,5 3	400°C	10 15 20 25 30	Câble : Longueur : 22 cm Section : 2,5 mm² pour Ø1à2 Section : 4 mm² pour Ø2,5 à 3.
CFP 10 CFP 15 CFP 20 CFP 25 CFP 30	1 1,5 2 2,5 3	400°C	10 15 20 25 30	
CW1 10 CW1 15 CW1 20 CW1 25 CW1 30	1 1,5 2 2,5 3	400°C	9 13 18 25 30	Câble : Longueur : 22 cm Section : 4 mm² + cosse femelle

Milieu : les connecteurs céramique/métal peuvent être utilisés en ambiance sous vide (10-9 bars)

Intensité maximale : les données sont valables pour des connexions à l'air libre. Des valeurs supérieures sont possibles en refroidissant les connexions.

Température maximale : il faut tenir compte de l'échauffement éventuel du connecteur lorsque l'élément chauffant est alimenté. Cela peut être le cas si l'intensité est proche de la valeur maximale.

>> Connexions en résine

MCM
10 to 20



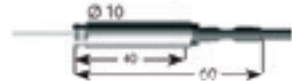
CT
10 to 20



CM
10 to 20



CM20G
CM
25 to 45



Type Code	Pour élément chauffant Ø (mm)	Température maximale	Intensité maximale (A)*	Alimentation
MCM 10 MCM 15 MCM 20	1 1,5 2	150°C	8 12 16	Câble : Longueur : 20 cm Section : 1 mm²
CT 10 CT 15 CT 20	1 1,5 2	100°C	4 7 10	Fiche femelle
CM 10 CM 15 CM 20	1 1,5 2	200°C	8 12 16	Câble : Longueur : 20 cm Section : 2 mm²
CM 20G CM 25 CM 30 CM 40	2 2,5 3 4	200°C	20 25 30 40	Câble : Longueur : 20 cm Section : 4 mm²

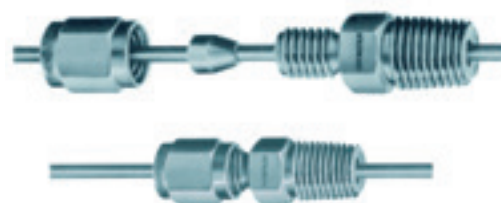
* Ces données sont valables pour un montage sur un élément de type ZEZ. Pour les éléments des type 1Nc et 1Hc, diviser les valeurs respectivement par 4 et par 6.

➤ Accessoires

Pour traverser la paroi d'une enceinte sous vide ou sous pression, l'élément chauffant peut être équipé soit d'un canon de passage de faibles dimensions, soudé ou brasé, soit d'un passage étanche THERMOLOK démontable.

➤ Passages étanches THERMOLOK®

En acier inoxydable AISI 316L, le THERMOLOK standard est constitué de 3 parties : un corps, une olive et un écrou. Il peut comporter soit un filetage conique NPT ou un filetage métrique.



ÉTANCHÉITÉ :

- assurée jusqu'à 700°C à la pression atmosphérique,
- jusqu'à 500 bars selon les modèles.

Diamètre du câble	Filetage NPT			Avec pas métrique (pas fin)*			Ferrule	
	Code	Ø	Ø Perçage (mm)	Code	Ø	Ø Perçage (mm)	AISI 316 L	PTFE
1 mm	MG 10	1/16	6,25	MGM 10	8x100	7	FE 10	FE 10T
1,5 mm	MG 15	1/16	6,25	MGM 15	8x100	7	FE 15	FE 15T
2 mm	MG 20	1/16	6,25	MGM 20	8x100	7	FE 20	FE 20T
3 mm	MG 30	1/4	11,10	MGM 30	12x150	10,5	FE 30	FE 30T

➤ Passages étanches SGS

L'étanchéité est assurée par une olive métallique jusqu'à 25 bars à 300°C. La même olive en FEP permet une étanchéité de 2 bars à 200°C.

Diamètre du câble	Avec ferrule			Ferrule	
	Métallique	PTFE	Longueur	Métallique	PTFE
1 mm	SGS-M 10	SGS-T 10	23,5	SES 10	SET 10
1,5 mm	SGS-M 15	SGS-T 15	23,5	SES 15	SET 15
2 mm	SGS-M 20	SGS-T 20	23,5	SES 20	SET 20
3 mm	SGS-M 30	SGS-T 30	25	SES 30	SET 30



➤ Canons de passage

Ils existent en acier inoxydable AISI 304L et en alliage INCONEL® 600 et peuvent être brasés ou soudés sur la gaine du thermocouple.



Diamètre du câble	Acier inoxydable			Alliage INCONEL®		
	Code	Longueur	Ø	Code	Longueur	Ø
1 mm	SB 10	45 mm	5mm	SBI 10	35 mm	5mm
1,5 mm	SB 15	45 mm	5mm	SBI 15	35 mm	5mm
2 mm	SB 20	45 mm	5mm	SBI 20	35 mm	5mm
2,5 mm	SB 25	45 mm	6mm	SBI 25	35 mm	6mm
3 mm	SB 30	45 mm	6mm	SBI 30	35 mm	6mm

Expertise

Afin de pouvoir répondre aux demandes les plus spécifiques, nous vous proposons des solutions adaptées à vos critères techniques et votre budget.

Nous développons et réalisons des systèmes chauffants standard ou sur mesure, de l'unité à la production en série.

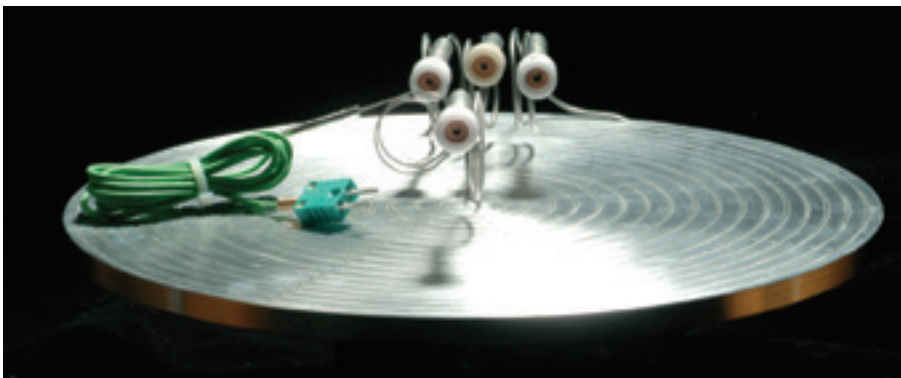
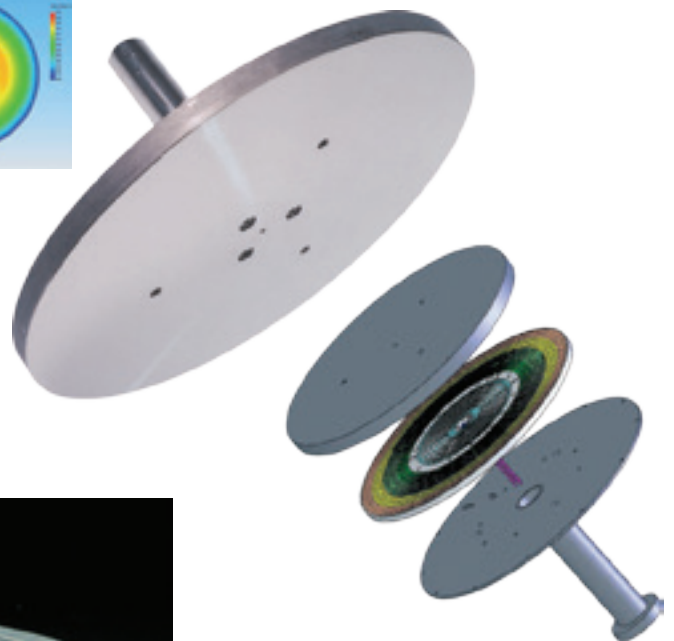
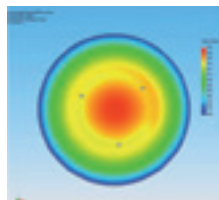
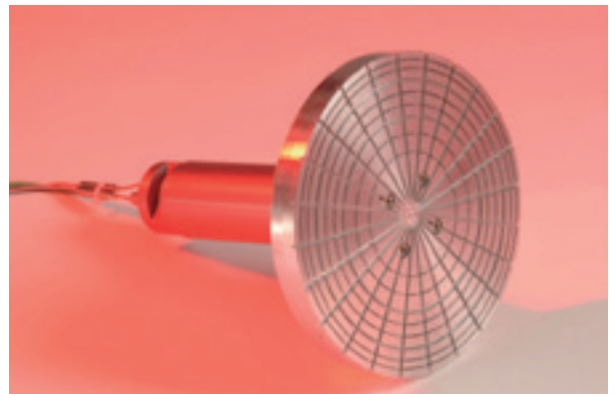
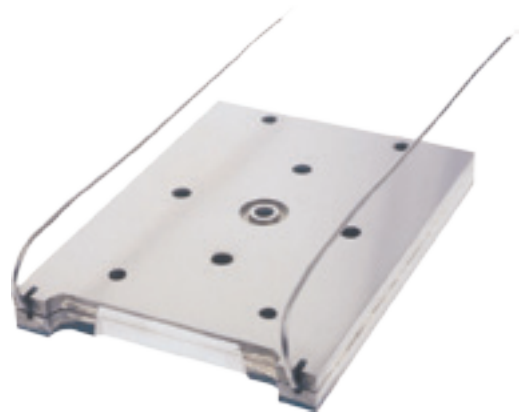
➤ Un potentiel puissant de savoir-faire

➤ Maîtrise technologique

- Ingénierie et support technique tout au long du projet
- Fabrication du câble : THERMOCOAX dispose de sa propre câblerie. Chaque câble peut être adapté aux spécificités requises par l'application.
- Nos ateliers dédiés par marché assurent la fabrication, l'assemblage final, le contrôle et l'emballage des produits.
- Soudage (Laser, Plasma, TIG),
- Brasage au chalumeau et sous vide
- Laboratoire d'étalonnage en température accrédité COFRAC
- Logiciel de conception et développement en 3D (Solidworks)
- Modélisation thermomécanique Assisté par Ordinateur en 3D (CosmosWorks)
- Notre centre de recherche et technologie possède des équipements de haute qualité afin de mettre en oeuvre nos programmes expérimentaux et nos programmes de tests : durée de vie, qualifications environnementaux.
- Mise en oeuvre et gestion des programmes de qualification



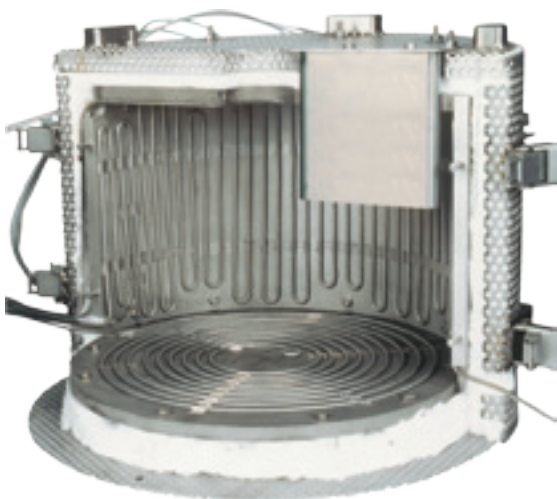
PLAQUES CHAUFFANTES SUR MESURE



➤ Un potentiel puissant de savoir-faire



**FOURS SUR
MESURE**

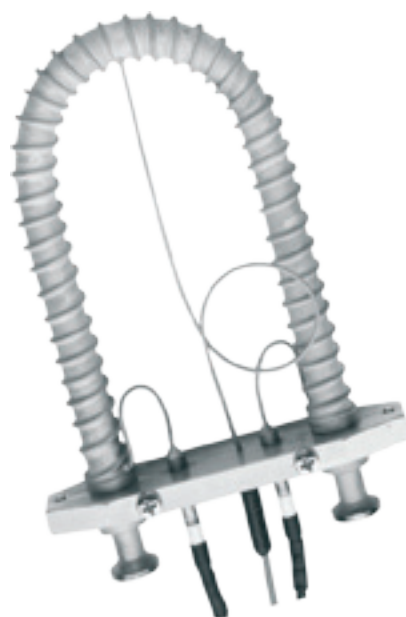


**PIÈCES MÉCANIQUES
FOURNIES PAR LE CLIENT
OU THERMOCOAX**

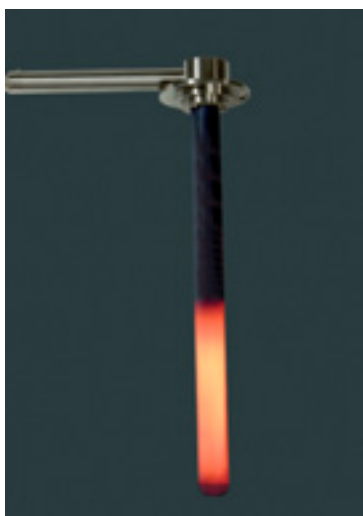
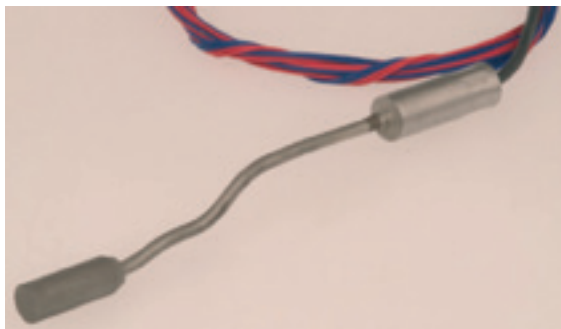




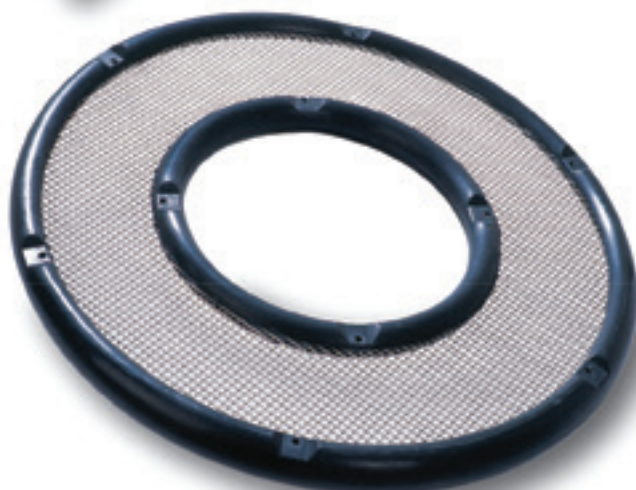
**RAYON DE COURBURE
MINIMAL 3 X DIAMÈTRE
EXTÉRIEUR**



➤ Un potentiel puissant de savoir-faire



**SOLUTION ADÉQUATE
À CHAQUE BESOIN**



Contrôle et Qualité THERMOCOAX

Tous les éléments chauffants THERMOCOAX subissent des contrôles dimensionnels et électriques (résistance de ligne et résistance d'isolement).

Certaines applications nécessitant une reproductibilité et/ou une fiabilité tout à fait exceptionnelles dans des conditions de fonctionnement et d'environnement difficiles. Aussi, elles exigent des contrôles appropriés aussi bien mécaniques qu'électriques ou dimensionnels. Ces contrôles pourront faire l'objet d'une spécification particulière définie conjointement par le client et nos services techniques.

Pour répondre aux exigences des industries du nucléaire, de l'aéronautique et du spatial, THERMOCOAX peut, sur demande, mettre en place un programme d'Assurance de la Qualité portant sur tout le cycle d'élaboration des produits.

Qu'ils soient standards ou sur spécification, les produits THERMOCOAX sont tous élaborés avec les mêmes processus, les mêmes principes de contrôle qualité, la même traçabilité et le même personnel qualifié.

Mesure de température

- ▣ Capteurs de température (thermocouples - haute température, gaines spécifiques, sondes à résistante de platine)
- ▣ Harnais de température
- ▣ Capteurs spéciaux (capteurs capacitifs)

Dispositifs chauffants

- ▣ Câbles et éléments chauffants
- ▣ Cannes chauffantes, thermoplongeurs...
- ▣ Dispositifs chauffants sur mesure : plaques, fours...

Mesure et Détection : capteurs

- ▣ Câbles pour transmission de signaux
- ▣ Câbles isolés silice
- ▣ NEGACOAX® : détection de surchauffe et d'incendie
- ▣ TURBOCOAX® : mesure de distance : statique et dynamique, mesure de déplacement... (capteur capacitif)
- ▣ VIBRACOAX® : contrôle du trafic routier (comptage, classification et pesage dynamique)
- ▣ NEUTROCOAX® : détection de neutrons



AU SUJET DE THERMOCOAX

Avec plus de 55 ans d'expérience dans les systèmes de chauffe et la mesure de température, THERMOCOAX est devenu le leader mondial de la technologie du câble à isolant minéral. Les produits THERMOCOAX sont livrés aux industries de pointe où la qualité et la fiabilité sont reconnues. Tous nos câbles à isolant minéral sont fabriqués dans nos propres unités de production.



www.thermocoax.com

COORDONNÉES

FRANCE :

THERMOCOAX SAS
40 Bd Henri Sellier
F 92156 SURESNES Cedex
Tel.: +33 1 41 38 80 50
Fax: +33 1 41 38 80 70
info@thermocoax.com

ALLEMAGNE :

THERMOCOAX ISOPAD GmbH
Englerstrasse 11
D-69 126 HEIDELBERG
Tel.: +49 6221 3043-0
Fax: +49 6221 3043-956
Isopad.info@thermocoax.com

USA

THERMOCOAX Inc.
6825 Shiloh Road East,
Ste B-3
ALPHARETTA, GA 30005
Tel.: +1 678 947 5510
Fax: +1 678 947 4450
info@thermocoax.us

UK :

THERMOCOAX UK Ltd.
Tel.: +44 (0)7738 437806
info-uk@thermocoax.com

CHINA

Tel.: 13701325459
info-china@thermocoax.com



Site Planquignon



Thermocouples
& Heating Elements
ATEX
certified and notified

