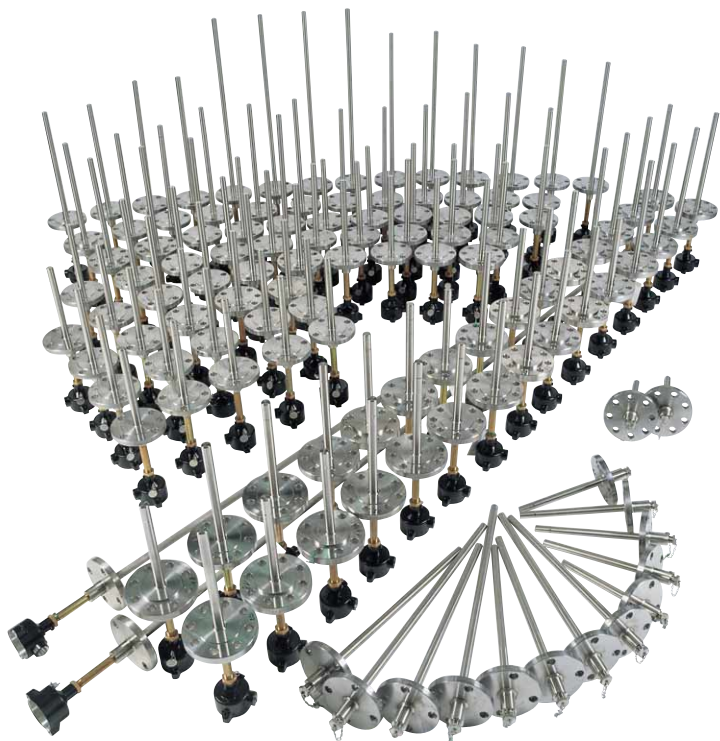


# Le capteur de température, au cœur de la mesure



**S**oumis à des contraintes sévères et répétées, le capteur de température doit être parfaitement adapté à l'application, en vue de fournir la précision de mesure et la longévité que l'on attend de lui. Pour ce faire, à l'heure de la définition pour une nouvelle installation ou lors de la revue d'une installation en place, il incombe de se poser les bonnes questions.

## Définir le besoin

Cela passe bien évidemment par la connaissance de la plage de température que doit tenir le capteur et la température de consigne du process, ainsi que de conditions de la mesure : nature du milieu à mesurer, température initiale, contraintes physiques et mécaniques. Mais trois paramètres au moins nécessitent une réflexion particulière.

■ **La précision du capteur.** Si j'affine de 1°C ma consigne de chauffe, combien aurais-je économisé de kWh en fin d'année ? Et de combien allongerais-je la durée de vie de mon

équipement ?

Si je gagne 1°C de précision sur mon process, de combien augmenterais-je mon taux de qualité ?

■ **La robustesse.** Si je double la longévité de mon capteur, quelle économie réaliserais-je en temps d'intervention, et de combien pourrais-je augmenter mon taux d'utilisation de l'équipement ?

■ **Le temps de réponse.** En choisissant un capteur à moindre temps de réponse, quel bénéfice retirerais-je quant à la régulation et la finesse de réglage ? A l'inverse, un temps de réponse trop rapide peut être gênant !

Ces quelques questions, choisies parmi d'autres, tendent à faire toucher du doigt que ces trois caractéristiques essentielles du capteur influent sur toute la chaîne de mesure thermique et donc sur la production, en termes de qualité, de coût et de confort.

## Sur la précision

Jusqu'à +450°C, les mesures au

**Nombreux sont les process industriels faisant appel à la température : chauffage, cuisson, traitement thermique, fusion, etc. Les procédés mis en œuvre pour la contrôler et la réguler forment un ensemble complet, la chaîne de mesure thermique. En première ligne, au cœur du process, le capteur constitue l'élément sensible de cette chaîne.**

moyen de résistances thermométriques au platine, les "Pt 100" dont la valeur ohmique est précisément de 100  $\Omega$  à la température de 0°C, sont préférables sur le plan de la précision obtenue. En revanche, les thermocouples présentent un meilleur temps de réponse et une plus grande robustesse.

Au-delà de +450°C, on privilégiera l'utilisation des thermocouples.

Ceux-ci pourront être chemisés (solution économique) ou bien emperlés dans des isolateurs (fabrication traditionnelle), gage de robustesse (figure 1).

Le tableau de la page ci-contre rappelle les codes couleur de chaque type de thermocouple, ainsi que leur tolérance de précision, selon l'actuelle norme NF EN 60584-2. Les classes de tolérance normalisées permettent en théorie l'interchangeabilité des éléments de mesure... à condition que votre exigence de précision soit compatible avec

l'incertitude liée à l'interchangeabilité ! Ainsi par exemple, si votre procédé à 650°C nécessite une précision de  $\pm 3^\circ\text{C}$ , vous pourrez vous contenter de thermocouples Classe 2, et considérer tous capteurs Classe 2 comme interchangeables. Ce ne sera pas le cas si votre procédé réclame une précision de  $\pm 1^\circ\text{C}$  à cette même température : il vous faudra alors exiger avec chaque capteur un certificat d'étalonnage.

## Sur la dérive du capteur

On mesure la dérive par l'écart entre un étalonnage initial et un deuxième ultérieur, réalisé dans les mêmes conditions. Bien souvent, on ne peut pas réaliser un tel étalonnage comparatif, on se contente d'un étalonnage sur site, ou d'une inter-comparaison avec d'autres points de mesure.

Une bonne construction du capteur permet de limiter cette dérive, mais celle-ci existe toujours. Elle est le

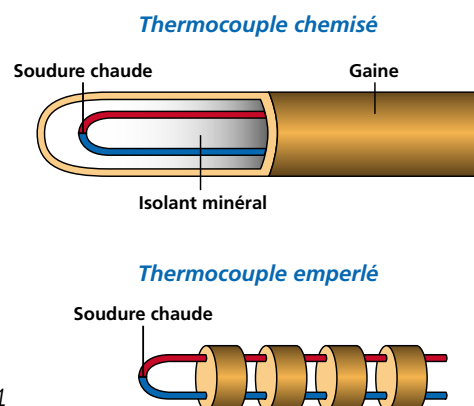


Figure 1

Couleurs et tolérances normalisées des couples et des câbles				
Symbole et constituants (+/-)	Plage de $\theta$	Couleur selon NF C 42-323 (97)	Tolérance selon IEC 60584 (89)	
			Cl.1	Cl.2
T : Cu/CuNi	-40...+350°C		0,5°C de -40 à +125°C 0,004 $\theta$ de 125 à 350°C	1,0°C de -40 à +133°C 0,0075 $\theta$ de 133 à 350°C
J : Fe/CuNi	-40...+750°C		1,5°C de -40 à +375°C 0,004 $\theta$ de 375 à 750°C	2,5°C de -40 à +333°C 0,0075 $\theta$ de 333 à 750°C
K : NiCr/NiAl	-40...+1200°C		1,5°C de -40 à +375°C 0,004 $\theta$ de 375 à 1000°C	2,5°C de -40 à +333°C 0,0075 $\theta$ de 333 à 1200°C
N : NiCrSi/NiSi	-40...+1200°C		1,5°C de -40 à +375°C 0,004 $\theta$ de 375 à 1000°C	2,5°C de -40 à +333°C 0,0075 $\theta$ de 333 à 1000°C
E : NiCr/CuNi	-40...+900°C		1,5°C de -40 à +375°C 0,004 $\theta$ de 375 à 800°C	2,5°C de -40 à +333°C 0,0075 $\theta$ de 333 à 900°C
S : PtRh10%/Pt	0...+1600°C		1,0°C de 0 à +1100°C 1+0,003( $\theta$ -1100) au-delà	1,5°C de 0 à +600°C 0,0025 $\theta$ de 600 à 1600°C
R : PtRh13%/Pt	0...+1600°C		1,0°C de 0 à +1100°C 1+0,003( $\theta$ -1100) au-delà	1,5°C de 0 à +600°C 0,0025 $\theta$ de 600 à 1600°C
B : PtRh30%/PtRh6%	+600...+1700°C		-	0,0025 $\theta$ de 600 à 1700°C

plus souvent due à l'effet de la température sur le comportement interne des matériaux (modification de la structure moléculaire par exemple). Pour minimiser les risques, certains utilisateurs recourent à des mesures duplex, c'est-à-dire que l'installation comporte deux capteurs montés en parallèle sur le même point de mesure. Un relais permet de basculer d'un capteur à l'autre en cas de dérive excessive, et accessoirement de remplacer le capteur en défaut sans arrêter l'installation.

**Sur l'étalonnage**

Dans le cadre de leurs plans d'assurance qualité, de plus en plus d'utilisateurs requièrent des capteurs neuf pré-étalonnés, le plus souvent sur la plage de consigne. Le capteur est alors étalonné en laboratoire de métrologie accrédité COFRAC, et livré avec son certificat d'étalonnage (AFNOR FD X 07-012), lequel porte mention des incertitudes de mesure sur les points relevés. Il est alors simple d'installer le capteur en programmant l'écart dans le régulateur. Pour garantir la qualité de production, et satisfaire aux exigences des normes ISO 9000, il convient d'étalonner périodiquement les capteurs effectuant les mesures sensibles sur le process.

**Sur la robustesse**

Naturellement, c'est la température d'utilisation qui détermine principalement les matériaux à utiliser pour fabriquer le capteur. Mais il convient là aussi de distinguer la température de consigne de la température maximale atteinte par le process (en pointe). La résistance à la corrosion et à l'abrasion sont deux autres éléments déterminants pour la définition mécanique du capteur. La connaissance des matériaux, en corollaire à la connaissance des applications, est indispensable.

Les procédés industriels qui sollicitent fortement les capteurs, que ce soit en abrasion, en corrosion (les milieux peuvent être réducteurs, oxydants, acides, basiques, sulfureux), ou en vibration nécessitent des matériaux adaptés : aciers spéciaux, alliages à base de nickel, métaux frittés, matériaux composites, plastiques, céramiques, etc. ....

Une bonne tenue aux vibrations nécessite de tenir compte à la fois des résistances des matériaux et des fréquences de ces vibrations. Tous les matériaux employés dans la construction des capteurs doivent respecter ces contraintes.

Un autre élément de robustesse est la résistance aux chocs thermiques (comme par exemple, le fait d'insérer en quelques secondes une canne pyrométrique dans une atmosphère à

1200°C) : les matériaux céramiques en général détestent les chocs thermiques !

**Sur le temps de réponse**

Qu'il soit thermocouple ou Pt 100, l'élément sensible est situé à l'intérieur d'un protecteur qui peut être plus ou moins important en fonction des contraintes de robustesse. Pour que la mesure soit satisfaisante, il est donc nécessaire d'attendre un certain temps, de quelques secondes pour un thermocouple d'usage général de petit diamètre, à plusieurs minutes pour une canne pyrométrique de  $\varnothing$  22 mm.

La connaissance du temps de réponse est une donnée importante pour les réglages des régulateurs PID qui pilotent l'installation. Le temps de réponse d'un capteur doit être en échelle avec la dynamique du procédé piloté.

**Sur l'installation du capteur**

La sortie du capteur peut s'effectuer par câble solidaire, ou sur un connecteur, ou encore sur une tête. Dans ce cas, la température au niveau de la tête ne doit pas excéder 100°C. Les têtes étanches, avec ou sans Agrément Sécurité "d", "i", ou "e", sont utilisées dans les applications de chimie. De plus en plus, les utilisateurs font appel à des transmetteurs sortie 4...20 mA logés en tête de canne, pour n'utiliser ensuite que des réseaux de courant faible, voire des bus de terrain.

Le capteur lui-même doit être installé en un empla-

cement judicieux, afin

*Ces capteurs Pyro-Contrôle sont réalisés sur mesure pour l'industrie de la chimie. Leur gaine de verre et leur tête de raccordement en plastique permettent la mesure de température dans les bains d'acides.*

d'effectuer la mesure au plus juste et de permettre les opérations de maintenance les plus aisées. Les contraintes d'étanchéité doivent être prises en compte, notamment pour les process en atmosphère contrôlée. Le raccordement au process peut se faire par une bride, étanche ou non, un raccord fileté ou un simple support de fixation.

**Pour conclure**

On le voit, la température n'est pas le seul critère à prendre en compte pour définir un capteur de température. Soumis à différents modes d'usure, le capteur perd peu à peu ses caractéristiques métrologiques, et doit bientôt être remplacé. Sa longévité n'est pas affaire de hasard. Le choix relève le plus souvent d'un compromis entre la plage de température, le temps de réponse, la précision désirée, la nature du milieu à mesurer, et les caractéristiques mécaniques de l'installation. Face aux enjeux, les réponses ne peuvent être apportées que par des spécialistes, à même de proposer des solutions déjà éprouvées par ailleurs.

*Service-lecteur n°10*



**P Ô L E É Q U I P E M E N T T H E R M I Q U E**  
Tél. : 04 72 14 15 40 - Fax : 04 72 14 15 41  
E-mail : info@pyro-contrôle.tm.fr