

Le capteur de température, au cœur de la mesure

Chauffage, cuisson, traitement thermique, fusion... Nombreux sont les process industriels qui font appel à la température. Pour la contrôler et la réguler, le capteur de température est au cœur d'un ensemble complet : "la chaîne de mesure thermique".

Thierry VIGNERON,
directeur du Pôle
Équipement thermique
de Chauvin Arnoux

Le capteur de température, soumis à des contraintes sévères et répétées, 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, lors de la conception d'une nouvelle installation ou de la "revue" d'une installation en place, il faut se poser les bonnes questions. Cela passe bien évidemment par la connaissance de la plage de température que doit tenir le capteur et de la température de consigne du process, ainsi que des conditions de la mesure : nature du milieu à mesurer, température initiale, contraintes physiques et mécaniques. Mais les trois paramètres essentiels restent les suivants.

• 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 écono-



Pyro-Contrôle Chauvin Arnoux : des capteurs de haute technicité pour les industries les plus exigeantes.

mie 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 montrer 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.

La précision de mesure

Jusqu'à + 450°C, les résistances thermométriques au platine, les "Pt 100", dont la valeur ohmique est de 100 Ω à la température de 0°C, offrent une plus grande précision. 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.

Le tableau 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 l'exigence de précision soit compatible avec l'incertitude liée à l'interchangeabilité ! Ainsi, par exemple, si un procédé à 650°C nécessite une précision de ± 3°C, on pourra se contenter de thermocouples Classe 2, et considérer tous capteurs Classe 2 comme interchangeables. Ce ne sera pas le cas si le procédé réclame une précision de ± 1°C à cette même température : il faudra alors exiger avec chaque capteur un certificat d'étalonnage.

Par ailleurs, la dérive du capteur est mesurée 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 plus souvent, due à l'effet de la température sur le comportement interne des matériaux (modification de la



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.

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.

Des capteurs préétalonnés

Dans le cadre de leurs plans d'assurance qualité, de plus

en plus d'utilisateurs requièrent des capteurs neuf préétalonnés, 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.

Quant au choix des matériaux, il dépend de la température d'utilisation des capteurs : température de consigne et température maximale d'utilisation. 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

Couleurs et tolérances normalisées des couples et des câbles

Symbole et constituants (+/-)	Plage de θ	Couleur selon NF C42-323 (97)	Tolérance selon IEC 60584 (89)	
			Classe 1	Classe 2
T : Cu/CuNi	- 40... + 350°C		0,5°C de - 40 à + 125°C 0,004 θ de 125 à 350°C	1,0°C de - 40 à + 133°C 0,0075 θ de 133 à 350°C
J : Fe/CuNi	- 40... + 750°C		1,5°C de - 40 à + 375°C 0,004 θ de 375 à 750°C	2,5°C de - 40 à + 333°C 0,0075 θ de 333 à 750°C
K : NiCr/NiAl	- 40... + 1 200°C		1,5°C de - 40 à + 375°C 0,004 θ de 375 à 1 000°C	2,5°C de - 40 à + 333°C 0,0075 θ de 333 à 1 200°C
N : NiCrSi/NiSi	- 40... + 1 200°C		1,5°C de - 40 à + 375°C 0,004 θ de 375 à 1 000°C	2,5°C de - 40 à + 333°C 0,0075 θ de 333 à 1 000°C
E : NiCr/CuNi	- 40... + 900°C		1,5°C de - 40 à + 375°C 0,004 θ de 375 à 800°C	2,5°C de - 40 à + 333°C 0,0075 θ de 333 à 900°C
S : PtRh10 %/Pt	0... + 1 600°C		1,0°C de 0 à + 1 100°C 1 + 0,003 (θ - 1 000) au-delà	1,5°C de 0 à + 600°C 0,0025 θ de 600 à 1 600°C
R : PtRh13 %/Pt	0... + 1 600°C		1,0°C de 0 à + 1 100°C 1 + 0,003 (θ - 1 100) au-delà	1,5°C de 0 à + 600°C 0,0025 θ de 600 à 1 600°C
B : PtRh30 %/PtRh 6 %	+ 600... + 1 700°C			0,0025 θ de 600 à 1 700°C

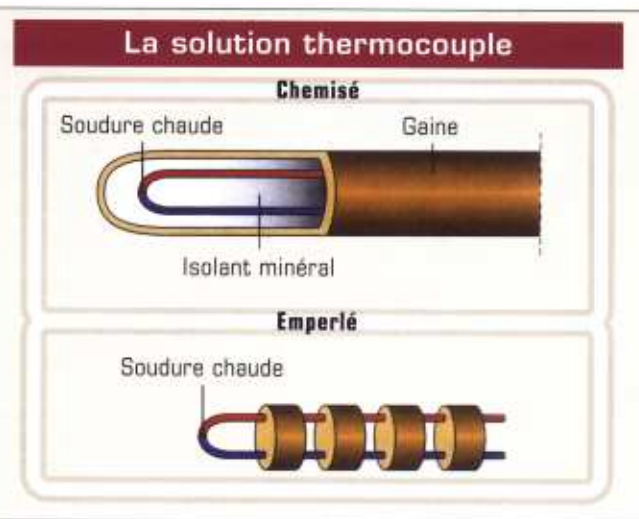
spéciaux, alliages à base de nickel, métaux frittés, matériaux composites, plastiques, céramiques, etc...

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 1 200°C) : les matériaux céramiques en général détestent les chocs thermiques !

Des temps de réponse variables

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



Les capteurs Pyro-Contrôle sont adaptés au milieu à mesurer :
fabrication des doigts de gant en inox, nickel, PVDF, PTFE, Hastelloy, ou revêtus tantale, ...

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

Enfin, en ce qui concerne l'installation du capteur, la sortie 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 Odes transmetteurs sortie 4...20 mA logés en tête de canne, pour n'utiliser en-

suite que des réseaux de courant faible, voire des bus de terrain. Le capteur lui-même doit être installé en un emplacement judicieux, afin 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. 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 être remplacé. 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. Les réponses ne peuvent être apportées que par des spécialistes, capables de proposer des solutions déjà validées. ■

Pôle Équipement thermique
Tél. : 04 72 14 15 40
Fax : 04 72 14 15 41
e-mail : info@pyro-contrôle.tm.fr