

Mesure et étalonnage thermique :

Ce que chaque technicien spécialiste des instruments devrait connaître

Note d'application

Introduction

La température pourrait bien être le paramètre physique le plus mesuré. Le nombre de méthodes de mesure n'a jamais été aussi élevé qu'aujourd'hui. Avec autant de possibilités, il est naturel de se poser quelques questions. Comment puis-je mesurer la température ? Quelle est la précision de ma mesure ? Quelle est la plage de températures nécessaire ? Quel type d'appareil effectue les meilleures mesures de température ? Mon instrument nécessite-t-il une certification ?

Ce sont des questions extrêmement courantes lorsque l'on est confronté au besoin de mesurer la température. Des appareils de mesures variés peuvent être utilisés pour la température : thermomètres à liquide en verre (LIG), thermocouples (TC), thermistances, détecteurs de température de résistance (RTD), thermomètres à résistance de platine (PRT) et thermomètres à résistance de platine standards (SPRT). Cette note d'application est consacrée aux mesures électroniques de la température et clarifie les réponses à certaines de ces questions lancinantes. Des informations complémentaires sur ce sujet sont disponibles sur www.fluke.com.

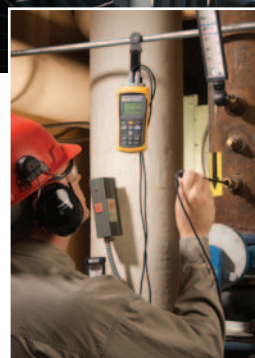
Comment puis-je mesurer la température ?

Après avoir inséré un capteur thermique dans la zone de prise de mesure, il faut attendre avant que l'affichage de la température ne se stabilise. Pour que le thermomètre se stabilise à la température correcte, la sonde doit être suffisamment immergée. Certains thermomètres nécessitent

une immersion plus importante que d'autres. La plupart des thermomètres de précision requièrent une profondeur de quatre à six pouces lorsqu'ils sont plongés dans un liquide ou dans un puits bien ajusté, en fonction du diamètre de la sonde. Les meilleurs résultats en termes de précision et de délai de stabilisation sont observés lorsque la sonde peut être immergée dans un liquide agité. Les poches d'air présentes entre les sondes et les surfaces solides induisent des délais de stabilisation plus longs et nécessitent une immersion plus profonde que ne le nécessiterait un liquide. Des thermomètres spécialisés sont nécessaires à la mesure de températures en surface et pour les situations dans lesquelles le câble de la sonde serait exposé à des températures extrêmes.

Les appareils qui mesurent et affichent la température doivent souvent être vérifiés ou étalonnés par rapport à un thermomètre de référence. La précision s'améliore avec l'augmentation de la distance entre les deux thermomètres. Une bonne pratique consiste à aligner le centre des éléments de détection du thermomètre de référence et de l'appareil en cours de test. Gardez à l'esprit que l'emplacement du centre du capteur dépend du type et du modèle de celui-ci (c'est-à-dire PRT, thermocouple ou bimétallique).

Une méthode répandue d'étalonnage des capteurs de température est de les retirer de leur emplacement puis de les placer dans un étalonneur à puits sec ou un micro-bain. Ces étalonneurs fournissent un environnement thermiquement stable sur toute



une plage de températures, afin de comparer le thermomètre en cours de test à l'affichage de l'éta- lonneur ou à un thermomètre de référence pour gagner en préci- sion. Alternativement, les capteurs de température peuvent être éta- lonnés ou vérifiés sans les retirer de leur emplacement d'installa- tion. Cela est réalisé généralement en insérant un thermomètre de référence dans un fourreau thermique, un puits d'immersion ou une poche à thermomètre, à proximité du thermomètre à tester. Dans d'autres cas, l'élément de détection du thermomètre de référence doit être placé à l'inté- rieur du congélateur, du four ou de l'enceinte climatique à vérifier, étalonner ou ajuster.

Dans ces situations, il est sou- vent nécessaire d'enregistrer les données pendant une durée de l'ordre de quelques heures afin de vérifier le comportement de la mesure. Des statistiques telles que la valeur moyenne, les minimum et maximum ou la déviation stan- dard sont parfois enregistrées.

Le test des performances énergétiques de circuits de vapeur, de tours de refroidisse- ment, d'échangeurs thermiques, de turbines et de moteurs à combus- tion interne et externe nécessitent de mesurer la différence entre les températures d'entrée et de sortie. Parfois ces mesures doivent être réalisées depuis l'extérieur du conduit à l'aide de thermocouples, de capteurs à fil mince ou de prises de température par infra- rouge. Cependant, une précision optimale est obtenue lorsqu'un fourreau thermique est correc- tement installé sur les conduits d'entrée et de sortie, de telle sorte qu'une sonde puisse être insérée et suffisamment immergée. Dans la mesure où le diamètre des conduits constitue parfois un facteur limitant l'immersion, le meilleur emplace- ment pour un fourreau thermique correspond à un coude de conduit, afin que la sonde puisse être insé- rée parallèlement au flux du fluide avec une immersion aussi profonde que nécessaire.

RIT	Acceptation	Acceptation erronée	Rejet	Rejet erroné
1:1	843	17	157	128
2:1	925	12	75	41
3:1	941	9	59	22
4:1	947	8	53	15

Tableau 1. Table d'hypothèses récapitulant les risques d'acceptation et de rejet erronés dans un scénario hypothétique impli- quant 1 000 instruments présentant une tolérance réelle de 95 %. On admet une distribution normale sans bande de garde.

Quel est le degré de précision nécessaire ?

Les décisions en matière de précision doivent être prises avec prudence. L'imprécision mène à des erreurs, qui elles-mêmes coûtent de l'argent. Les erreurs peuvent résulter en une indis- ponibilité, des coûts en énergie excessifs, des taux de défectuosité élevés, des risques pour la sécu- rité et une menace pour la santé publique.

Les thermomètres sont carac- térisés par des ingénieurs de conception pour la surveillance ou la vérification de la tempéra- ture. Ces caractéristiques doivent comprendre la précision des thermomètres. Un ingénieur de conception, un responsable de la qualité ou un métrologiste doit également spécifier les exigences d'étalonnage. Cependant, il n'est pas rare pour les techniciens en instrumentation de se voir confier un poste d'étalonnage, avec peu ou pas d'informations sur ces exigences.

Une stratégie d'étalonnage répandue consiste à limiter les erreurs en conservant l'incertitude

des normes d'étalonnage à un faible pourcentage de la précision du thermomètre testé. Ce pour- centage est généralement désigné sous le terme de rapport d'incerti- tude du test (RIT). Par exemple, le RIT de 4:1, utilisé par les militaires ainsi que d'autres industries, maintient l'incertitude collective des normes d'étalonnage à 25 % du thermomètre dont la précision est en cours de test. À titre de comparaison, un RIT de 2:1 signi- fie que l'incertitude correspond à 50 % de la précision du ther- momètre et, si le thermomètre de référence dispose d'une précision similaire au thermomètre testé, le RIT est alors de 1:1. Ce RIT n'est jamais recommandé pour l'étalon- nage et produirait des résultats non fiables.

Avec une norme d'étalon- nage plus précise, vous pouvez identifier les appareils de ter- rain vraiment hors tolérance. Le tableau 1 illustre la fréquence d'erreur estimée selon divers RIT. Ce tableau est basé sur un scénario selon lequel 950 instru- ments sur 1 000 sont vraiment en tolérance. Par exemple, si ces 1

	Plage de températures	Précision	Coût
Thermocouples à métaux nobles (tolérances particulières)	R, S: de -50 °C à 1 760 °C	> ± 0,6 °C	Moyen
Thermocouples à base métallique (tolérances particulières)	B : de 0 °C à 1 820 °C E : de -270 °C à 1 000 °C J : de -210 °C à 1 200 °C K : de -270 °C à 1 370 °C N : de -270 °C à 1 300 °C T : de -270 °C à 400 °C	± 0,25 % > ± 1 °C > ± 1,1 °C > ± 1,1 °C > ± 1,1 °C > ± 0,5 °C	Faible Faible Faible Faible Faible Faible
PRT et SPRT	Industriel : de -80 °C à 480 °C Référence : de -200 °C à 660 °C Haute température : de 0 °C à 1 000 °C	± 0,05 - 0,1 °C ± 0,001 - 0,02 °C ± 0,01 - 0,02 °C	Faible - Moyen Moyen - Élevé Moyen - Élevé
Thermistances de précision	de 0 à 100 °C	± 0,002 °C	Moyen

Tableau 2. Compromis des sondes thermiques entre plage de températures, précision et coût. Les sondes les plus pré- cises sont les plus chères. La précision est souvent sacrifiée au profit d'une plage de températures plus étendue.

000 instruments sont étalonnés selon un RIT de 2:1, alors nous pouvons estimer que 926 d'entre eux seront en tolérance (acceptés) et 12 hors tolérance (acceptation erronée). Sur les 74 qui seront censés être rejetés, 41 devraient être vraiment en tolérance (rejet erroné). Le coût induit par le rejet erroné de chacun de ces instruments peut varier de 50 \$/unité pour un centre d'étalonnage à 10 000 \$/unité dans l'industrie de traitement des produits chimiques, en raison du coût engendré par leur indisponibilité.

Types de sonde de thermomètre

En matière de capteurs de température (type de sonde) pour vos mesures, le choix n'a jamais été aussi vaste qu'aujourd'hui. Avec autant de possibilités, cette sélection peut consommer beaucoup de temps et se révéler difficile sans un peu d'aide. Les facteurs les plus importants sont la plage de températures, la précision et le coût. Le tableau 2, en page précédente, illustre les compromis effectués parmi ces facteurs, pour plusieurs types de thermomètres.

Thermocouples (TC)

Les thermocouples sont des capteurs de température qui mesurent celle-ci en générant un signal de basse tension proportionnel à la différence de température entre

les connexions de deux métaux différents. Une connexion (dite « de mesure ») est généralement captive d'une sonde de température au point de mesure ; l'autre connexion (dite de « référence ») est le plus souvent reliée à l'instrument de mesure. Ce dernier mesure deux valeurs : le signal de tension et la température de la connexion de référence. À partir de ces deux éléments, l'instrument calcule la température à l'extrémité de mesure de la sonde. Il est important de remarquer que la tension générée par le capteur n'est pas basée sur la température de la connexion de mesure, mais plutôt sur la différence de température entre les connexions de mesure et de référence.

Les types de thermocouple sont caractérisés par les métaux utilisés dans chaque patte de ces thermocouples. Les thermocouples à métaux nobles disposent tous de platine dans une patte et comprennent les Type S, Type R, Au/Pt et Pt/Pd. Les thermocouples à base métallique comprennent les Type B, Type E, Type J, Type K, Type N et Type T. Ces thermocouples sont répartis en deux catégories de précision : limitation standard d'erreur et limitation spéciale d'erreur. Les thermocouples à limitation spéciale d'erreur sont les plus précis. Des tables de thermocouples référencés par une lettre sont disponibles auprès du NIST, soit sur son site Internet, soit dans la monographie 175. Un calculateur de tension et

de sensibilité de thermocouple est également disponible sur le site www.fluke.com.

La compensation de la connexion de référence est l'un des principaux facteurs contribuant à la précision d'une mesure de thermocouple. Les tables de thermocouples telles que celles utilisées dans la monographie 175 du NIST sont basées sur une température de la connexion de référence de 0 °C. Bien que des connexions de référence externes puissent être utilisées pour réaliser cela avec un bain de glace, le fil du thermocouple est généralement connecté directement aux bornes de connexion de l'affichage du thermocouple à température ambiante. Une compensation automatique de la connexion de référence est nécessaire pour rattraper l'écart avec une température de 0 °C. Une thermistance est généralement utilisée pour mesurer la température de la connexion. L'affichage indique la mesure de la résistance de la thermistance et calcule une correction pour la température du thermocouple. En figure 2, le fil du thermocouple entre en contact avec le fil de cuivre aux bornes de connexion du thermomètre, formant la connexion de référence (J). La température dans la zone environnant les bornes de connexion (TJ) est généralement mesurée avec une thermistance. La compensation automatique de la connexion de référence est accomplie en mesurant la

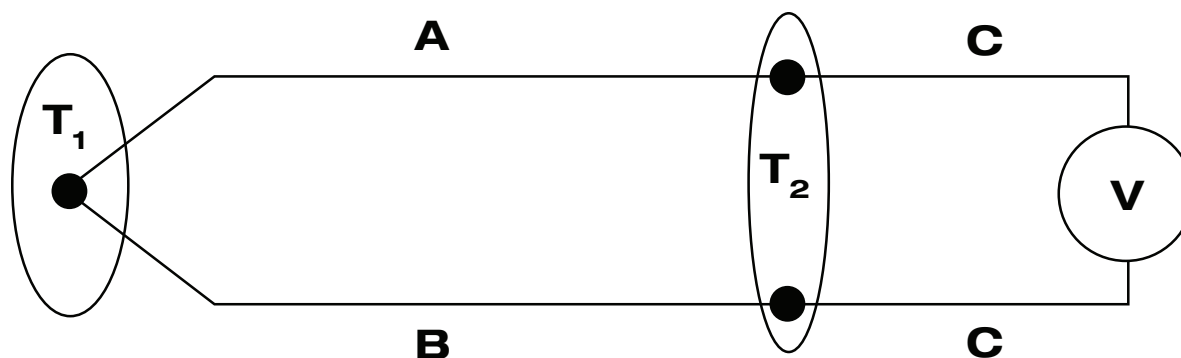


Figure 1. Modèle d'un circuit de thermocouple où A et B sont des fils de thermocouple différents, T1 représente la température à la connexion de mesure et T2 représente la température à la connexion de référence. La température absolue en T1 ne produit pas la tension mesurée en V ; c'est en fait la différence de température entre T1 et T2 qui produit la tension mesurée.

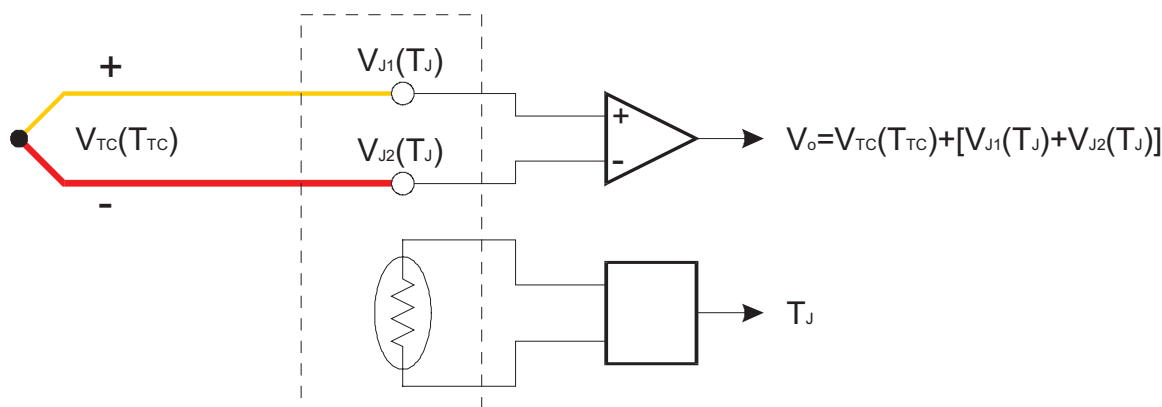


Figure 2. La compensation de la connexion de référence est l'un des principaux facteurs contribuant à la précision d'une mesure de thermocouple. Avertissement : certains fabricants peuvent ne pas communiquer sur cet aspect important de la précision de leurs équipements.

différence avec une température de 0 °C aux bornes de connexion (TJ) et la compensant numériquement. La précision de cette mesure présente un impact significatif sur la précision de l'ensemble de la mesure de la température.

Mesure de la température en fonction de la résistance

Un RTD est un élément de mesure de la température qui évalue la température en fonction de sa propre résistance. Il existe plusieurs catégories de RTD. Les éléments de mesure RTD comprennent des bobines en fil de platine (PRT), en fil de nickel, en fil de cuivre, en films minces et bien d'autres. Un autre capteur basé sur la résistance est la thermistance, qui est faite d'un matériau semi-conducteur. La Figure 3 illustre un circuit de mesure bifilaire simple. L'élément de mesure est étiqueté RT. Les fils conducteurs présentent des résistances finies, étiquetées RL1 et RL2.

Lorsque le courant traverse le capteur, l'environnement se réchauffe légèrement en raison de la dissipation thermique. Plus la résistance ou le courant est élevé(e), plus l'énergie dissipée est importante ($P = I^2R$). L'auto-échauffement sera plus élevé dans l'air car la chaleur ne se dissipera pas aussi efficacement que dans un fluide mélangé. Les erreurs liées à l'auto-échauffement peuvent être minimisées en utilisant le niveau niveau de courant que durant l'étalonnage. L'utilisation d'un courant correct

est particulièrement importante avec les thermistances car elles intègrent de très grandes résistances qui engendrent un auto-échauffement plus important. L'inversion de courant est une technique très efficace utilisée dans la mesure des



résistances afin d'éliminer les erreurs associées aux champs électromagnétiques thermiques. Les champs électromagnétiques thermiques sont des tensions non désirées dans un circuit de mesure de résistance, provoquées par le même principe qui produit une tension dans les thermocouples. La mesure est effectuée avec le courant circulant dans une direction, puis répétée avec le courant circulant dans la direction opposée. Les champs magnétiques thermoélectriques sont éliminés en déterminant la moyenne des résultats des deux ensembles de mesures. Employée par de nombreux instruments de mesure modernes, cette technique améliore la stabilité de la mesure et réduit les erreurs significatives qui sont courantes avec d'autres instruments.

Thermomètres à résistance de platine

Un thermomètre à résistance de platine (PRT) contient des bobines de fil de platine extrêmement pur. La résistance d'un PRT varie plus

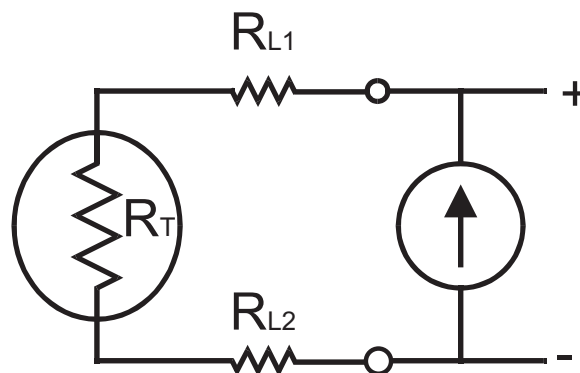


Figure 3. Le courant circule à travers le capteur afin de produire une tension mesurée par un voltmètre. Au cours de mesures bifilaires, la résistance à fil conducteur provoque des erreurs de mesure de la température potentiellement importantes. Les autres types de mesure de résistance comprennent les mesures de résistance trifilaire et quadrifilaire. Les mesures quadrifilaires sont préférables dans le cadre des applications thermiques car elles éliminent de la mesure la résistance du fil conducteur.

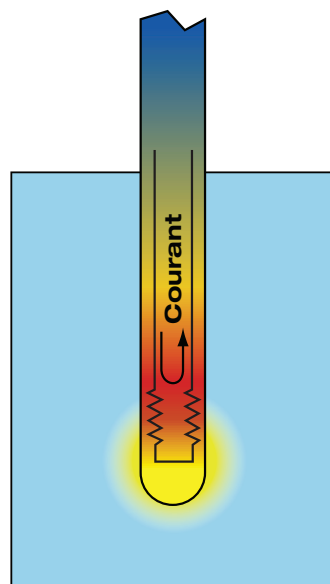


Figure 4. Un courant est requis afin de mesurer la résistance. Le courant qui circule à travers une résistance dissipe de l'énergie et génère de la chaleur, provoquant des erreurs de température.

linéairement avec la température que tout autre capteur de température. Le thermomètre à résistance de platine standard (SPRT) est le capteur de température le plus précis qui soit disponible à ce jour. Il est utilisé dans les laboratoires nationaux de métrologie et dans l'industrie, pour la traçabilité de l'Échelle internationale de température de 1990 (ITS-90). Le texte complet de l'ITS-90 est disponible sur www.bipm.org.

La mesure de température avec un PRT implique de corrélér la résistance de l'élément capteur avec la température, en utilisant des équations et des coefficients adaptés. Heureusement, la plupart des afficheurs de thermomètre prennent en charge ces équations et les calculs sont effectués automatiquement. Ceux-ci comprennent par exemple les équations ITS-90, les équations Callendar Van Dusen (CVD) et les équations polynomiales. Les meilleures performances des PRT peuvent généralement être obtenues à l'aide des équations ITS-90. Des afficheurs plus anciens et des PRT non étalonnés peuvent recourir aux équations CVD.

Les coefficients utilisés avec ces équations sont personnalisés lors de l'étalonnage et peuvent être trouvés dans les rapports d'étalonnage individuel, accompagnés d'un tableau décrivant la relation résistance/température. Certains PRT peu onéreux, utilisés pour les mesures industrielles, sont conçus pour fonctionner même sans étalonnage. Sortis d'usine, ils doivent se conformer à une norme telle que l'IEC 60751 ou l'ASTM 1137. Ces normes spécifient les valeurs des coefficients et des tolérances CVD qui dépendent de la température. Cependant, la précision de ces capteurs peut être améliorée significativement grâce à un étalonnage.

Thermistances

Une thermistance est faite d'un matériau semiconducteur et présente une résistance électrique qui varie de façon non linéaire avec la température. Les thermistances sont largement utilisées en raison de leur sensibilité, de leurs dimensions réduites, de leur robustesse et de leur coût bas. La précision d'une thermistance

Appareil de mesure	Configuration requise
Mesure de thermocouple	Bonne précision de -10 mV à 100 mV Faible valeur plancher de bruit CEM thermiques très faibles Bonne compensation de la connexion de référence
Mesure du PRT	Excellente précision de 0 Ω à 400 Ω Inversion du courant Mesure de résistance quadrifilaire Courant d'excitation de 1 mA
Mesure de thermistance	Précision raisonnable à partir de 150 Ω et 500 k Ω Précision supérieure requise en-dessous de 1 000 Ω Courant d'excitation de 2 μ A à 10 μ A

Tableau 3. Que rechercher dans les mesures de thermomètres électroniques.



dépend en grande partie de sa conception et de sa fabrication. Les thermistances peu onéreuses sont couramment utilisées dans des applications électroniques, tandis que les thermistances de précision atteignent un standard d'étalonnage qui rivalise avec la précision des SPRT.

La relation résistance/température au sein des thermistances est décrite par quelques équations polynomiales. L'une des formes de ces équations considère la résistance comme une donnée de calcul de la température $T(R)$ et l'autre forme utilise la température comme donnée de calcul de la résistance $R(T)$. La version standard de ces équations utilise quatre coefficients, bien que la version Steinart-Hart n'en nécessite que trois.

Précision, répétabilité et résolution d'un thermomètre

Deux composantes importantes de la précision sont la répétabilité et la résolution. Elles doivent

être considérées avec les autres facteurs qui affectent la précision. La répétabilité fait référence à la cohérence des valeurs issues de mesures répétées. Un étalonnage régulier contribue à définir la répétabilité de l'instrument. Une autre méthode importante de vérification de la répétabilité des thermomètres est de pratiquer périodiquement une mesure du point de fusion de la glace ou d'une cellule à point triple de l'eau et d'enregistrer les résultats.

La résolution d'un thermomètre numérique est souvent réglable par l'utilisateur. La résolution du thermomètre numérique choisi doit être suffisante pour atteindre la précision désirée ; cependant, la résolution n'est pas strictement équivalente à la précision, c'est simplement un facteur limitant de celle-ci. Dans un thermomètre à liquide en verre ou à cadran, la résolution peut constituer le facteur le plus important qui affecte la précision, si l'on excepte l'étalonnage.

Les spécifications de précision peuvent être structurées de plusieurs manières. Ces spécifications sont généralement divisées en plages et peuvent être indiquées en unités de base de température, de résistance ou de tension. Les spécifications simples seront une valeur fixe ou variable, tandis que les spécifications complexes seront une combinaison des deux. Lorsque des spécifications de type variable sont utilisées, l'erreur permise augmente conjointement avec la valeur affichée. Des calculs sont nécessaires pour un résultat numérique. Des exemples comprennent le pourcentage de lecture ou les parties par million

(PPM). D'un autre côté, les spécifications à valeur fixe demeurent constantes sur l'ensemble d'une plage. Des exemples en sont le pourcentage de précision ou de l'intervalle de mesure, ainsi que les constantes numériques.

Vous pouvez convertir les spécifications en unités de base de résistance ou de tension en température. La conversion dépend de la sensibilité du capteur de température. Par exemple, modifiez la température de 1 °C et il se produira une variation de 0,4 Ω de la résistance d'un PRT 100 Ω et de 0,1 Ω pour un SPRT 25 Ω, mais il peut se produire un changement de 1 000 Ω dans une thermistance. Cela signifie qu'une variation de la température d'un degré peut avoir un impact très important ou très ténu sur la variation de la résistance. Par conséquent, un thermomètre doté d'une précision de ±1 Ω sera plus précis avec des capteurs présentant la sensibilité à la température la plus élevée.

Chaque thermomètre mentionné dans le Tableau 2 nécessite un afficheur numérique. Le meilleur afficheur numérique sera conçu spécifiquement pour la mesure de la température. Le Tableau 3 mentionne certaines des exigences imposées aux bons afficheurs pour thermomètres électroniques.

La compensation de la connexion de référence est l'un des principaux facteurs contribuant à la précision d'une mesure de thermocouple. Les tables de thermocouples sont basées sur une température de connexion de référence de 0 °C. Bien que des connexions de référence externes puissent être utilisées pour réaliser cela avec un bain de glace, le fil d'un thermocouple est généralement connecté directement aux bornes de son afficheur, à température ambiante. Une compensation automatique de la connexion de référence est nécessaire pour rattraper l'écart avec la température de 0 °C. Une thermistance est généralement utilisée pour mesurer la température de la connexion. L'afficheur indique la résistance de la thermistance et calcule une correction de la température du thermocouple.

Le NIST et l'étalonnage

Le NIST est un Institut national de métrologie (INM) responsable des normes nationales des États-Unis. La métrologie est la science de la mesure et comprend la recherche fondamentale, des activités qui garantissent le fonctionnement adéquat des instruments de mesure utilisés dans l'industrie et également des mesures qui assurent la transparence économique, la santé publique et la sécurité. La traçabilité du NIST ou d'un autre INM est établie par l'intermédiaire de l'étalonnage. Les trois principales raisons de détenir un instrument étalonné sont :

1. Assurer la cohérence des lectures issues d'un instrument avec celles issues d'autres instruments
 2. Déterminer la précision des lectures de l'instrument
 3. Établir la fiabilité de l'instrument
- Pour garantir la cohérence des mesures de températures dans le monde entier, chaque pays a adopté l'ITS-90, une échelle de températures définie par le BIPM (Bureau international des poids et mesures). La précision de l'instrument est déterminée par comparaison avec les normes de mesure de la plus haute précision. Ces mesures font partie d'une chaîne de comparaisons qui s'étend des mesures réalisées sur le terrain par l'utilisateur final aux laboratoires d'étalonnage secondaires, et qui converge ensuite vers les normes nationales (c'est-à-dire le NIST) et internationales.

En plus de la traçabilité, les clients de l'étalonnage ont parfois affaire à des exigences supplémentaires pour l'accréditation. L'accréditation fournit l'assurance qu'un programme de qualité adapté est en place, et que la formation et les procédures sont conformes aux exigences techniques inhérentes au service d'étalonnage proposé. Un logo apparaissant sur les certificats d'étalonnage accrédités les distingue des autres certificats d'étalonnage. De nombreux programmes d'accréditation sont disponibles. Le NIST sponsorise le National Voluntary Laboratory Accreditation Program (NVLAP).



Maintenir vos normes

La maintenance des équipements étalonnés est un aspect important de l'assurance qualité. Il n'existe aucune garantie selon laquelle un thermomètre étalonné le restera au fil du temps. Les variations de la relation de température des thermomètres utilisés pendant un certain temps doivent être corrigées par un étalonnage pratiqué à intervalles réguliers. Lorsqu'un thermomètre s'avère être régulièrement hors tolérance, des actions réparatrices doivent être menées, telles que la réduction de l'intervalle d'étalonnage ou le remplacement du thermomètre. Une bonne pratique est de conserver des enregistrements et de contrôler les thermomètres certifiés entre chaque étalonnage, à l'aide d'un bain de glace ou d'une cellule à point triple de l'eau. Cela limitera ou préviendra des conséquences coûteuses si un thermomètre certifié devait se révéler significativement hors tolérance.

Que rechercher chez un fournisseur de solutions d'équipement d'étalonnage de la température

Lors du choix de fournisseurs de solutions d'équipement d'étalonnage, de nombreux facteurs doivent être considérés. En voici quelques-uns.

Une solution complète : assurez-vous que la société de votre choix dispose d'une gamme complète de produits, afin que vos options puissent être basées sur vos

besoins et non simplement sur le matériel disponible. Si vous envisagez d'utiliser à l'avenir un logiciel d'automatisation afin d'améliorer la productivité, vous devez prévoir de rester fidèle à un fournisseur car son logiciel ne fonctionnera probablement qu'avec ses propres équipements.

L'expérience : vous n'avez probablement pas le temps de devenir un expert de l'étalonnage thermique, en plus de toutes vos autres activités. Il est important d'obtenir de l'aide d'experts. Recherchez donc une société qui se spécialise dans l'étalonnage thermique afin qu'elle se charge de ce travail à votre place.

Assistance : l'expertise est un atout précieux, mais assurez-vous de pouvoir contacter ces experts. Vous êtes entre de bonnes mains s'ils répondent au téléphone, vous traitent avec considération et fournissent des réponses à toutes vos questions. Vous veillerez également à ce qu'ils puissent résoudre rapidement vos problèmes d'équipement. Renseignez-vous sur les délais d'intervention technique. Si votre équipement doit être envoyé sur un autre continent pour réparation, vous pourriez faire face à des délais importants.

Une accréditation : même si vous n'avez pas d'exigences particulières en matière d'accréditation, il semble logique de travailler avec une société disposant d'un laboratoire accrédité. Voici pourquoi. Un laboratoire accrédité a été inspecté très soigneusement afin de garantir qu'il dispose de la capacité organisationnelle à accomplir ce qu'il promet. Dans le cas d'une accréditation NVLAP, le laboratoire a passé une évaluation technique menée par des experts du NIST.

Une garantie : l'étalonnage est une question de confiance. Premièrement, vérifiez que les spécifications de précision soient fournies. Deuxièmement, confirmez que ces spécifications sont garanties. La dernière chose dont vous avez besoin serait de vous débarrasser d'une importante pièce d'équipement qui ne se comporterait pas comme prévu.

Fluke Calibration

Fluke Calibration fournit la plus vaste gamme de solutions d'étalonneurs, de normes, de logiciels, de services, de formations et d'assistance. Nos clients œuvrent dans des laboratoires d'étalonnage des domaines de l'électricité, de la température, de la pression et du flux dans le monde entier, ainsi que dans les secteurs des essais, de la recherche et développement, et des services.

La division d'étalonnage thermique de Fluke Calibration accomplit tout ce qui est nécessaire à l'étalonnage des capteurs de température, depuis les bains à température constante et les étalonneurs à puits sec à la stabilité sans précédent, jusqu'aux normes de température utilisées dans les instituts nationaux de métrologie dans le monde entier. Pour une thermométrie de précision, les afficheurs et sondes pour thermomètres de Fluke Calibration sont exceptionnellement précis et faciles à utiliser, notre enregistreur de données thermiques et hygrométriques rend inutile les enregistreurs sur papier graphique. En outre, Fluke Calibration propose également des formations à l'étalonnage thermique auprès d'instructeurs expérimentés ainsi qu'un service d'expertise depuis son laboratoire accrédité NVLAP (code laboratoire 200348-0).

Fluke Calibration.

Precision, performance, confidence.™

–	Electrique
–	RF
▶	Température
–	Pression
–	Débit
–	Logiciel

Fluke Calibration

PO Box 9090, Everett, WA 98206, États-Unis.

Fluke Europe B.V.

PO Box 1186, 5602 BD
Eindhoven, Pays-Bas

Pour plus d'informations, contactez-nous :

Depuis les États-Unis : tél. (877) 355-3225 ou
fax (425) 446-5116

Depuis l'Europe/le Moyen-Orient/l'Afrique :

tél. +31 (0) 40 2675 200 ou

fax +31 (0) 40 2675 222

Depuis le Canada : tél. (800)-36-FLUKE ou

fax (905) 890-6866

Depuis un autre pays : +1 (425) 446-5500 ou

fax (425) 446-5116-5116

Accès Web : <http://www.fluke.com>

©2011 Fluke Corporation.

Les caractéristiques techniques sont susceptibles d'être modifiées sans préavis.

Imprimé aux États-Unis 3/2011 3996588A A-FR-N 11798-fré

La modification de ce document n'est pas autorisée sans l'autorisation écrite de Fluke Corporation.