

# L'essentiel des thermocouples

## Note d'application

### Série de notes d'application relatives aux thermocouples

Il s'agit de la première de quatre notes d'application relatives aux thermocouples :

1. L'essentiel des thermocouples
2. Guide de sélection d'équipement d'étalonnage de thermocouple
3. Calcul d'incertitude lié au système d'étalonnage de thermocouple
4. Comment étalonner un thermocouple

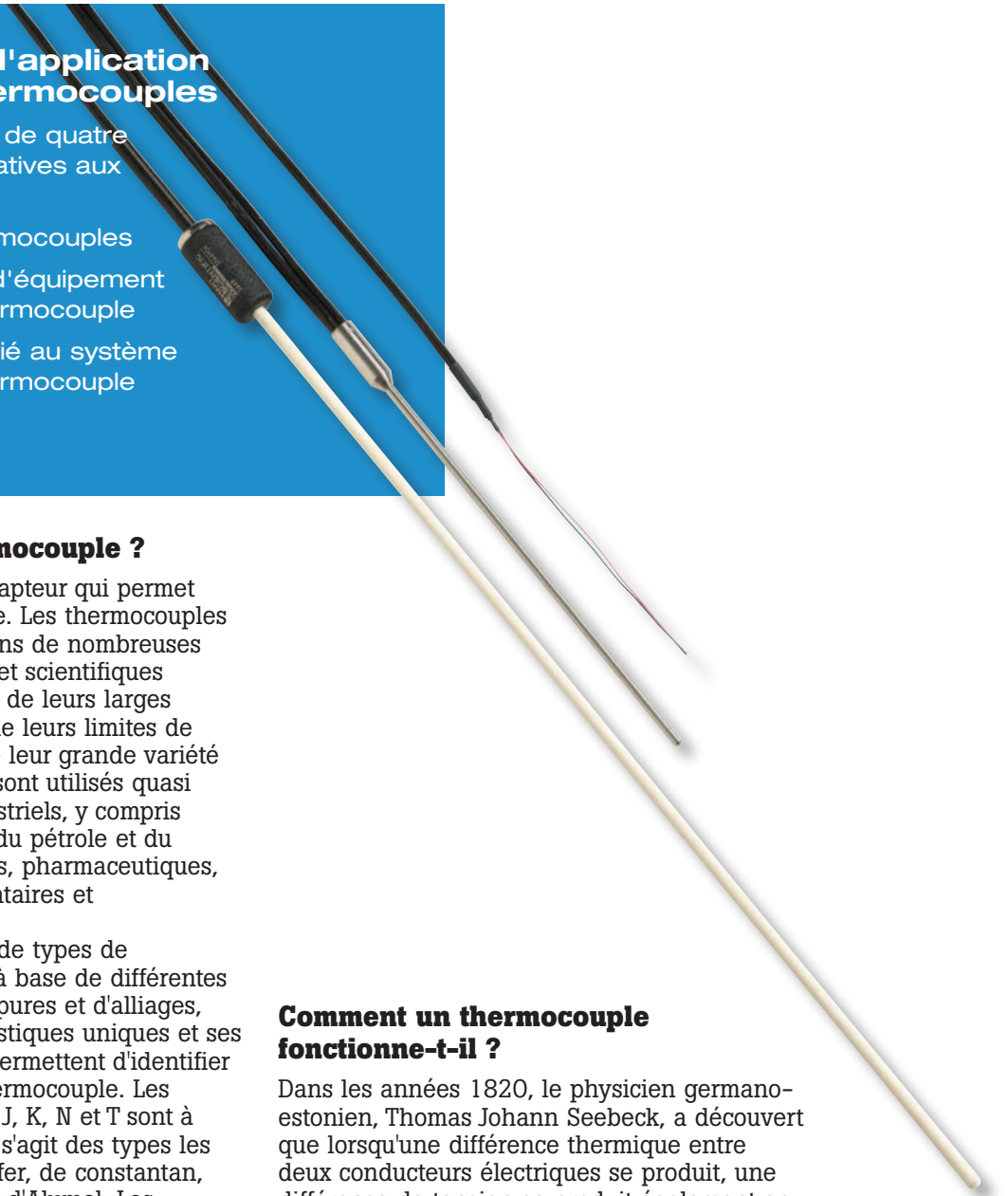
### Qu'est-ce qu'un thermocouple ?

Un thermocouple est un capteur qui permet de mesurer la température. Les thermocouples sont largement utilisés dans de nombreuses applications industrielles et scientifiques du fait de leur faible coût, de leurs larges plages de températures, de leurs limites de température élevées et de leur grande variété de types et de tailles. Ils sont utilisés quasi par tous les secteurs industriels, y compris les secteurs de l'énergie, du pétrole et du gaz, des semi-conducteurs, pharmaceutiques, biotechnologiques, alimentaires et métallurgiques.

Il existe des centaines de types de thermocouples fabriqués à base de différentes combinaisons de métaux purs et d'alliages, chacun avec ses caractéristiques uniques et ses applications. Des lettres permettent d'identifier les différents types de thermocouple. Les thermocouples de type E, J, K, N et T sont à base de métaux usuels. Il s'agit des types les plus communs à base de fer, de constantan, de Nicrosil, de Chromel et d'Alumel. Les thermocouples de type B, R et S sont à base de métaux nobles (principalement de platine et de rhodium) et sont donc plus chers. Ils sont utilisés dans des applications à haute température.

### Comment un thermocouple fonctionne-t-il ?

Dans les années 1820, le physicien germano-estonien, Thomas Johann Seebeck, a découvert que lorsqu'une différence thermique entre deux conducteurs électriques se produit, une différence de tension se produit également en parallèle. Ce phénomène est désormais connu comme l'effet Seebeck ou thermoélectrique. L'effet Seebeck est responsable du comportement des thermocouples.



La figure 1 représente la fabrication d'un thermocouple. Un thermocouple est formé de deux fils de couples thermoélectriques différents, A et B, qui se rejoignent en  $T_1$  (le raccord « chaud »). Les fils sont isolés l'un de l'autre sur leur longueur. L'autre extrémité,  $T_2$  (le raccord « froid »), est maintenue à une température de référence constante (généralement au point de fusion). Le raccord froid est le point de transition entre le fil de thermocouple et le fil de cuivre se connectant au système de mesure. Le fil de thermocouple peut être connecté directement à un système de mesure ou à un afficheur équipé d'un circuit interne de raccord froid. Cette configuration est généralement moins précise que celle impliquant un raccord froid externe plongé dans un bain de glace au point de fusion. La différence entre la température réelle  $T_1$  et la température de référence  $T_2$  est corrigée de façon électronique dans l'instrument mesurant le thermocouple, afin d'indiquer la température réelle  $T_1$ . Cet ajustement est nommé compensation de raccord froid.

Une tension (force thermoélectrique) est générée entre les fils du raccord froid ( $T_2$ ) lorsque le raccord chaud ( $T_1$ ) est exposé à une température différente de celle du raccord froid. Un instrument connecté aux fils de raccord froid sert à relever la tension du thermocouple.

En théorie, cette mesure de tension ne dépend que de la différence thermique ( $T_1 - T_2$ ). Lorsque  $T_1$  varie, la tension de sortie du thermocouple varie proportionnellement à la variation thermique, mais pas de façon linéaire. La tension de sortie varie d'environ -10 à 77 mV (selon le type de thermocouple et la température de mesure). La corrélation entre la température et la tension établit une relation unique, propre à chaque type de thermocouple. Ces relations sont résumées dans des tableaux de référence qui constituent la base des étalonnages de thermocouples.

### Pourquoi est-il nécessaire d'étalonner les thermocouples ?

Notons que la tension d'un thermocouple ne se produit pas au niveau du « raccord chaud » où les deux métaux se rejoignent ( $T_1$ ), mais plutôt sur toute la longueur du fil (de  $T_1$  à  $T_2$ ) exposée au gradient de température. La différence thermique entre les raccords et la tension mesurée ne sont correctes que si chaque fil du thermocouple est homogène (uniforme dans sa composition). Lorsqu'un thermocouple est utilisé dans un cadre industriel, les fils conducteurs peuvent perdre leur homogénéité à cause de la chaleur, de l'exposition chimique ou de dommages mécaniques (par exemple, un pli du fil au niveau du gradient de température). Si la section

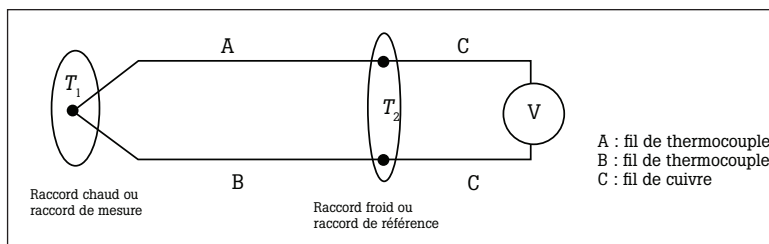


Figure 1 : Fabrication d'un thermocouple.

non homogène d'un circuit de thermocouple est exposée à un gradient de température, la tension mesurée variera et sera source d'erreur. C'est pourquoi les thermocouples doivent être inspectés et étalonnés régulièrement pour garantir l'exactitude de leurs mesures.

Les thermocouples à base de métaux usuels (types E, J, K, N et T) voient souvent leur homogénéité mise en péril lorsqu'ils sont utilisés à plus de 200 °C. Le fait de réchauffer ces thermocouples dans un four altérera davantage le fil, alors que le fait de les déplacer modifiera le gradient de température. Les deux situations seront la cause d'erreurs d'étalonnage. Dans ces cas-là, un étalonnage sur site sera requis. Pour ce faire, un thermomètre de référence est inséré au côté du thermocouple en cours d'étalonnage, afin de comparer les mesures.

Les thermocouples à base de métaux nobles (types B, R et S) peuvent également voir leur homogénéité affectée, mais les effets sont mineurs (environ 0,3 °C) et donc faciles à étalonner. Les thermocouples à base de métaux usuels utilisés exclusivement à des températures inférieures à 200 °C (inférieures à 120 °C pour le type K) ne présentent généralement pas de troubles importants d'homogénéité et peuvent être étalonnés hors-site.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Voir le guide technique « Making Sense of Thermocouples » du laboratoire de métrologie de Nouvelle-Zélande pour obtenir plus d'informations sur les troubles d'homogénéité des thermocouples.

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 +1 (425) 446-5116  
Site Internet : <http://www.flukecal.com>

©2015 Fluke Calibration.  
Les caractéristiques sont susceptibles d'être modifiées sans préavis.  
Imprimé aux États-Unis 6/2015  
Pub-ID 13273-fre

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