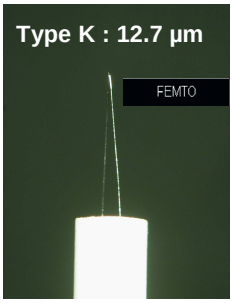
MESURE DE TEMPÉRATURE PAR MICROTHERMOCOUPLES

INSTITUT FEMTO-ST CNRS UMR 6174
Département ENISYS
2 avenue Jean Moulin - 90 000 BELFORT – FRANCE
http://www.femto-st.fr/fr/Departements-de-recherche/ENISYS/
TÉL : +33-3-84-57-82-24 ; FAX : +33-3-84-57-00-32

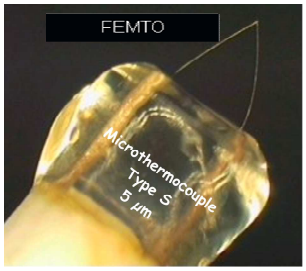
Contact : francois.lanzetta@univ-fcomte.fr

Les couples thermoélectriques réalisés au Département ENISYS sont de type K (Chromel / Alumel) ou S (Platine / Platine Rhodié à 10%) utilisant des micro-fils soudés par décharge capacitive. L'intérêt de cette technique est de limiter la dimension (donc la masse) de la jonction à sa valeur la plus faible (pas de formation de boule à la fusion), ce qui permet de limiter à la fois leur temps de réponse (qualité dynamique) mais également leur intrusivité. De plus, la taille de ces jonctions thermoélectriques représente la zone de mesure, autrement dit la résolution spatiale, de l'ordre de 0.1 μm^3 pour le capteur le plus petit. En effet, les diamètres utilisés sont :

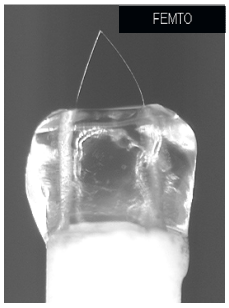
- 53 µm, 25.4 µm, 12.7 µm, 7.6 µm en type K.
- 5.3 µm, 1.27 µm et 0.53 µm en type S.



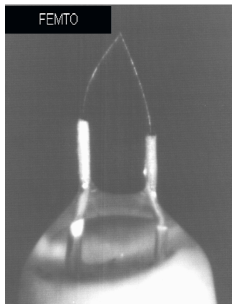
Type K
12,7 µm



Type S
5,3 µm



Type S
1.27 µm



Type S
0.53 µm

Caractéristiques dynamiques :

Un capteur ne peut être caractérisé d'un point de vue temporel que dans la situation de sa mise en œuvre. Le tableau suivant regroupe les caractéristiques dynamiques des microthermocouples : les constantes de temps τ (hypothèse de réponse du premier ordre soit le temps nécessaire pour atteindre 63% d'un échelon) ainsi que les fréquences de coupure correspondantes (bande passante) obtenues en environnement convectif libre (ou conductif) et purement radiatif (chauffage laser).

		Environnement radiatif		Environnement convectif libre	
Type	diamètre (µm)	constante de temps τ	fréquence de coupure (Hz)	constante de temps τ	fréquence de coupure (Hz)
K	53	80 ms	2	110 ms	1.5
	25,4	30 ms	5	30 ms	5
	12,7	8 ms	20	10 ms	16
	7,6	3 ms	53	5 ms	32
S	5,3	1250 µs	125	980 µs	160
	1,27	180 µs	880	350 µs	450
	0,53	70 µs	2300	180 µs	900

Principales utilisations :

Essentiellement utilisés dans le domaine de la recherche, les thermocouples de type K sont suffisamment résistants pour être implantés en environnement industriel, pour des configurations particulières, telles que la mesure en régime instationnaire, ou l'insertion dans des dispositifs de faibles dimensions (microsystèmes, mini et micro canaux)

.

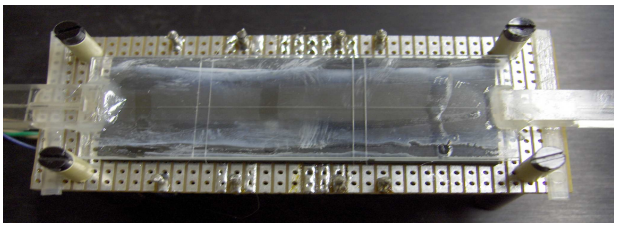
Il est possible, dans certains cas, de les implanter par soudage direct sur pièces métalliques, par exemple en semi intrinsèque, pour assurer un contact thermique parfait. Leur gamme d'utilisation est très étendue (-200℃ à + 1200℃) : elle ne sera lim itée que par la configuration de son implantation et les contraintes de l'environnement.

Les couples plus fins de type S ont un intérêt dans le cadre de mesures très particulières, que l'on trouve essentiellement dans le domaine de la recherche. Il s'agit de mesures fortement instationnaires, limitées à des niveaux de températures généralement inférieurs à 100℃ du fait de leur maintien par collage dans un support. De plus, leur tenue mécanique n'autorise que des contacts à effort direct limité avec des milieux solides. Dans les fluides, seules les mesures dans les gaz sont possibles. On peut citer des applications telles que la mesure des fluctuations de température en convection naturelle et forcée ; la mesure de la température acoustique dans des résonateurs ; la détection de champ de température périodique dans une méthode photothermique de contrôle non destructif...

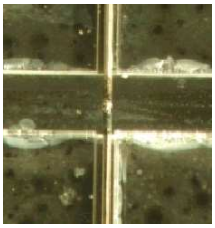
Pour toute application particulière, il est nécessaire de nous consulter au préalable.

Exemples de réalisations :

1) Analyse d'écoulement gazeux en microcanaux

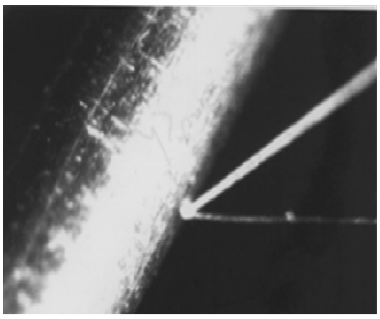


Couples de type K 12.7 µm et 7.6 µm placés à l'intérieur de microcanaux
(diamètre hydraulique = 200 µm)

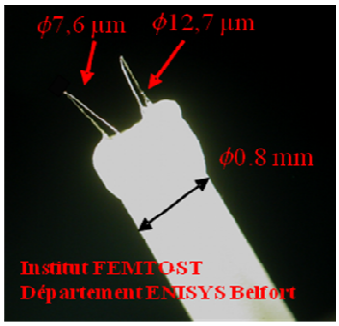


Détail de l'implantation d'un microthermocouple

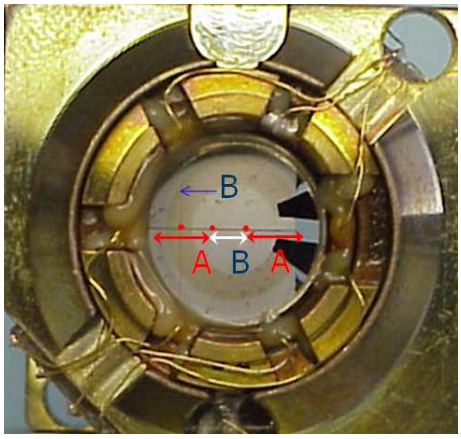
2) Mesure de température de surface
Soudure sur tube inox



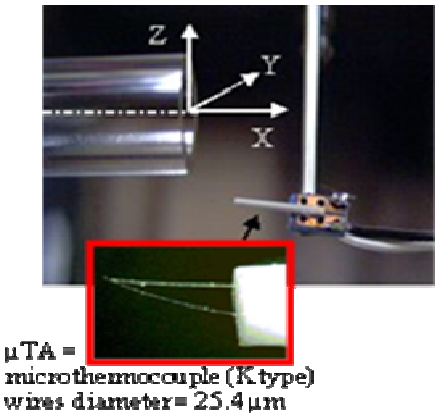
3) Thermanémométrie à 2 thermocouples
Mesure de vitesse + température
(Thèse J. Boucher 2006)



4) Mesure de températures différentielles
(Thèse É. Georgin 2006)



5) Thermoanémométrie à 1 microthermocouple
mesure simultanée de vitesse + température



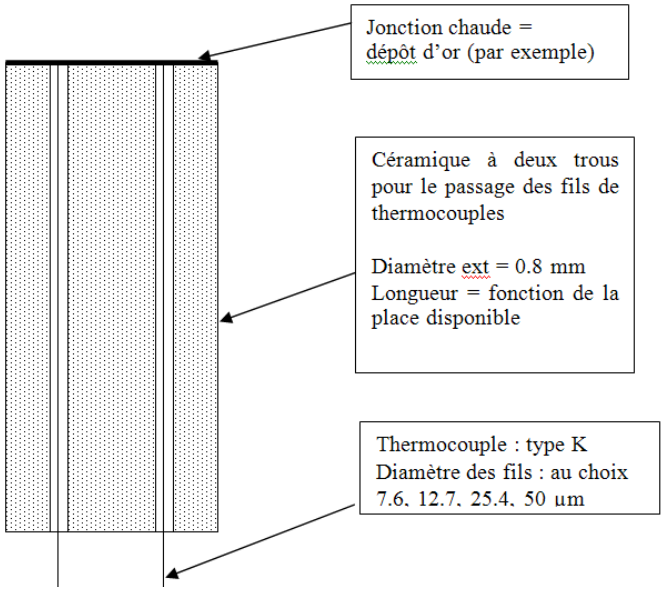
6) Sonde de température de paroi à couche mince (jonction chaude)

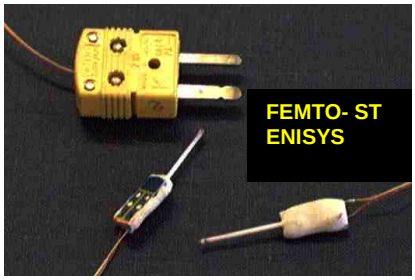
Nous pouvons concevoir des sondes de température à partir de fils thermoélectriques dont la jonction chaude est constituée par un film dont l'épaisseur est de quelques dixièmes de microns. Application aux températures de parois.

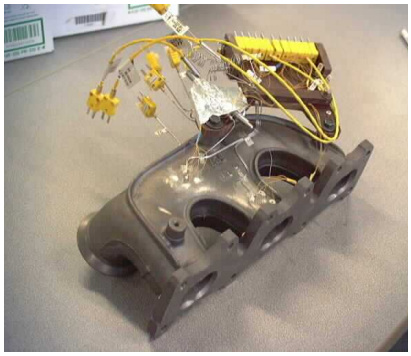
Temps de réponse de la sonde :

- fonction de l'épaisseur du dépôt et de la masse thermique du substrat céramique,
- à déterminer par plusieurs méthodes d'étalonnage (voir page précédente),
- indépendant de la taille de fils puisque la jonction thermoélectrique est constituée uniquement par le dépôt (d'or par exemple).

Les fils de thermocouples peuvent être de type K, S ou tout autre (fonction de l'application).







Équipement de collecteur d'échappement