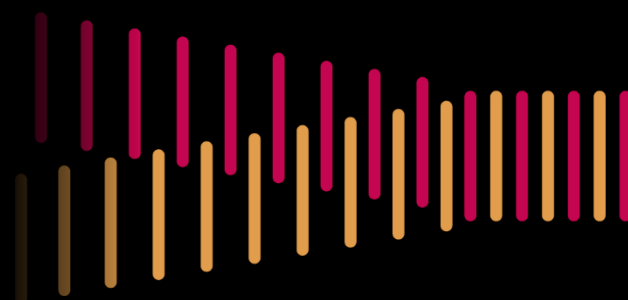




NEXTHERM

S E N S I N G

High Flux. High Value.

Manuel Utilisateur

Thermocouple Pastille

Avertissements



Le capteur ne doit pas être mis sous tension électrique. Appliquer une tension supérieure à 12V aux bornes du câblage peut conduire à un endommagement irréversible du capteur.



Lors du respect des procédures opérationnelles standard, les utilisateurs doivent se procurer leurs propres exemplaires de la norme. Ce manuel fournit uniquement des directives générales d'utilisation.



Tout démontage du capteur peut conduire à une perte d'intégrité de ses fonctions métrologiques et mécaniques, et se soldera par une perte de garantie constructeur.



Nextherm Sensing réalise des étalonnages traçables via ses propres procédures, mais n'est pas un laboratoire accrédité ISO 17025.

Table des matières

Introduction	4
1. Description du capteur	5
2. Vérification à la livraison.....	6
2.1 Contenu du colis	6
2.2 Vérification rapide de l'instrumentation.....	6
3. Principes de mise en œuvre	6
3.1 Couplage thermique.....	7
3.2 Principes fondamentaux	7
4. Choix de la méthode de fixation.....	8
5. Préparation de la surface	9
5.1 Nettoyage.....	9
5.2 Préparation mécanique.....	10
5.3 Revêtement & peintures	10
6. Mise en œuvre de la pastille cuivre.....	10
6.1 Collage	10
6.2 Choix de l'adhésif.....	11
6.3 Cémentation.....	11
6.4 Brasage.....	12
7. Mise en œuvre de la pastille polyimide	13
7.1 Principe	13
7.2 Collage.....	14
8. Bonnes pratiques communes.....	15
9. Influence sur les performances	15
9.1 Réponse dynamique	15
9.2 Influence des principales variables.....	16
9.3 Tableau d'aide au choix	17

Introduction

Ce document constitue le mode opératoire des thermocouples pastilles. Il a pour objectif de définir les méthodes de fixation recommandées afin d'obtenir un couplage thermique optimal, une bonne tenue mécanique et une réponse dynamique reproductible.

Les thermocouples pastilles (type K) sont conçus pour être fixés directement sur une surface afin de mesurer sa température au plus près du contact, notamment quand un thermocouple classique ne peut pas être inséré dans la matière.

Ils sont typiquement mis en œuvre dans les situations suivantes :

- Sur les surface métalliques planes ou légèrement courbes
- Sur les pièces en mouvement ou difficile à percer
- En essais thermiques de R&D (essais de résistance au feu, maquettes, batteries)
- Pour le contrôle thermique industriel (conduites fluides, surveillance des points chauds)

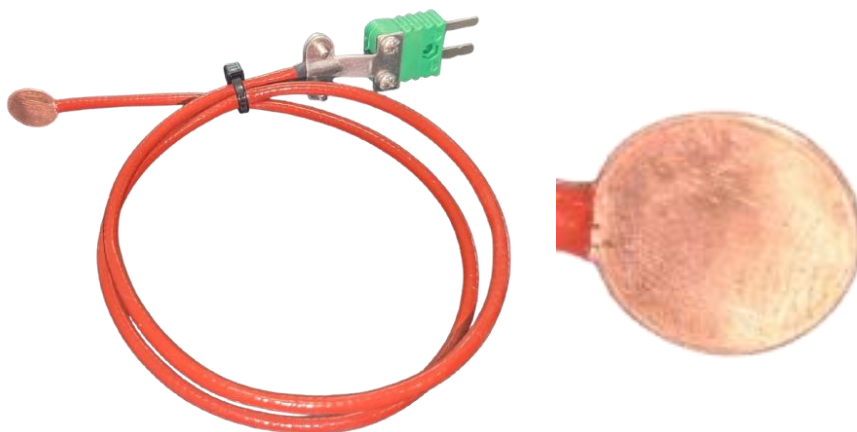


Fig.1 Un exemple de thermocouple pastille en cuivre.

Ils ont pour avantages :

- Une très faible inertie thermique (réponse rapide)
- Une installation facile sans usinage
- Une grande robustesse en environnement agressif

Nextherm Sensing propose des modèles standard mais offre également un service de conception sur-mesure (forme, type de thermocouple) pour vos besoins spécifiques.

1. Description du capteur

Les thermocouples pastille sont proposés en versions standard avec les caractéristiques suivantes :

- Pastille diamètre 12mm
- Thermocouple type K
- Conducteurs monobrins 0.35mm jumelés
- Câblage longueur 2m50
- Isolation soie de verre (sur-gaine silicone haute température en option)
- Terminaison sur connecteur à fiches plates standard (prise verte)

Deux versions de pastilles sont disponibles :

➤ **Pastilles semi-rigides en cuivre** : d'une épaisseur standard de 0.2mm, les pastilles cuivre sont utilisables jusqu'à +650°C. Elles peuvent être fixées par colle réfractaire ou cimentation. Le thermocouple Type K est brasé en face arrière de la pastille en disposant les conducteurs +/- diamétralement opposés. Cet agencement permet de mesurer une température moyenne de la pastille. Sur demande, la jonction thermocouple peut être brasée au centre de la pastille ;

➤ **Pastilles souples en Kapton® (polyimide)** : d'une épaisseur de 0.14mm, les pastilles en polyimide sont utilisables jusqu'à 260°C en continu (300°C en pointe). La souplesse du capteur autorise un collage sur des formes courbes (ex : tuyaux). La jonction chaude du thermocouple est encapsulée au centre de la pastille, entre deux couches de polyimide.

Pour les besoins sur-mesure (épaisseur et diamètre de pastille, type de conducteurs, type de connecteur, ...), nous consulter.

Ce document définit les bonnes pratiques de :

- Préparation de la surface ;
- Fixation : collage, cimentation ou brasage lorsque applicable ;
- Positionnement et maintien des fils ;
- Contrôle après montage.

2. Vérification à la livraison

2.1 Contenu du colis

Dès réception de votre thermocouples pastille, veuillez vérifier que :

- La surface du capteur est plane et exempte de défauts (rayures, impacts, ...)
- Le câblage est intact et doté de son connecteur à fiches plates
- L'étiquette fixée sur le câblage est présente

2.2 Vérification rapide de l'instrumentation

Une vérification rapide du capteur peut être réalisée en le connectant à un testeur (multimètre ou lecteur thermocouple) :

1. Vérifiez la continuité électrique du câblage (bip) de sortie du signal de « flux »
2. Testez si le capteur réagit conformément à une excitation en l'exposant brièvement (quelques secondes) à une source thermique (ex : décapeur thermique). La réponse doit se manifester par une élévation (positive) de température

3. Principes de mise en œuvre

La méthode de fixation influence directement la qualité de la mesure, notamment :

- la résistance thermique de contact ;
- le temps de réponse ;
- la température mesurée ;
- la tenue aux cycles thermiques ;
- la répétabilité entre montages.

Pour les mesures dynamiques et de flux thermique, la fixation doit être considérée comme une partie intégrante du système de mesure.

3.1 Couplage thermique

Le transfert thermique peut être représenté par :

Surface → interface → pastille → thermocouple

La résistance thermique de l'interface est approximativement :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda A}$$

avec :

- 🔧 e : épaisseur de l'interface ;
- 🔧 λ : conductivité thermique du matériau de fixation ;
- 🔧 A : surface de contact.

La différence de température associée à cette résistance peut être estimée par :

$$\Delta T = \Phi \cdot R_{th}$$

où Φ représente le flux thermique traversant l'interface.

Il convient donc de rechercher une interface mince, continue, homogène et sans défaut de contact.

Une couche de fixation trop épaisse ou présentant des vides peut augmenter la résistance thermique et ralentir la réponse du capteur.

3.2 Principes fondamentaux

Quelle que soit la méthode utilisée :

1. la surface doit être propre ;
2. la pastille doit être parfaitement en contact avec la surface ;
3. l'épaisseur de l'interface doit être minimale ;
4. les bulles et défauts de contact doivent être évités ;
5. les fils ne doivent pas exercer de contrainte sur la pastille ;
6. le matériau de fixation doit être compatible avec la température d'utilisation ;
7. le procédé doit être reproductible d'un montage à l'autre.

4. Choix de la méthode de fixation

Le choix dépend principalement de la température d'utilisation, de la dynamique recherchée, des cycles thermiques et du besoin éventuel de démontage.

Le tableau ci-après donne une vue d'ensemble des méthodes de fixations recommandées et les nuances en termes de :

- Restitution des phénomènes dynamiques ;
- Tenue thermique ;
- Niveau de difficulté de réalisation.

Méthode	Pastille Cuivre	Pastille polyimide	Dynamique	Tenue thermique	Difficulté	Recommandation
Adhésif époxy	✓	✓	★★★	★★	★★★★★	Recommandée
Adhésif époxy HT	✓	✓	★★★	★★★	★★★★	Selon température
Ciment céramique	✓	X / déconseillé	★★★	★★★★★	★★★★	Cuivre uniquement
Brasure tendre	✓*	X	★★★★★	★★	★★★	Cas spécifique
Brasage haute T°	✓*	X	★★★★★	★★★★★	★	Qualification nécessaire
Fixation mécanique	✓	✓	★★★★	★★★★★	★★★	Selon géométrie

* uniquement si le matériau et la métallisation de la pastille permettent le brasage.

De manière générale, on recommande :

 Pastille cuivre :

1. Collage mince pour usage général ;
2. Cémentation haute température ;
3. Brasage pour les applications très dynamiques ou sévères.

 Pastille polyimide :

1. Collage avec adhésif compatible ;
2. Fixation mécanique lorsque possible.

5. Préparation de la surface

La préparation de surface est commune aux différentes méthodes de fixation.

5.1 Nettoyage

La zone de mesure doit être :

propre – sèche – plane – exempte de graisse et de contaminants.

Procédure recommandée :

1. éliminer les poussières et particules ;
2. dégraisser la zone ;
3. réaliser, si nécessaire, un léger ponçage ;
4. éliminer les résidus de ponçage ;
5. effectuer un nettoyage final ;
6. laisser sécher complètement.

Le solvant utilisé doit être compatible avec le substrat et le matériau de fixation.

5.2 Préparation mécanique

Lorsque cela est nécessaire, un léger ponçage permet :

- d'éliminer une couche superficielle oxydée ou contaminée ;
- d'améliorer l'adhérence ;
- de réduire les défauts de planéité.

La surface ne doit toutefois pas présenter une rugosité excessive susceptible de créer des zones de mauvais contact.

5.3 Revêtement & peintures

Dans la mesure du possible, la pastille doit être fixée directement sur le matériau dont la température doit être mesurée.

Une peinture, un revêtement ou une couche intermédiaire constitue une résistance thermique supplémentaire.

Lorsque le revêtement fait partie du système étudié, la mesure doit naturellement être réalisée sur celui-ci.

6. Mise en œuvre de la pastille cuivre

6.1 Collage

Le collage constitue la méthode de référence pour les applications courantes :

1. Préparer la surface : nettoyer et dégraisser la zone de montage.
2. Préparer la pastille : nettoyer la face destinée à être mise en contact avec la surface.
3. Appliquer l'adhésif : déposer une quantité minimale permettant de couvrir la zone de contact.
4. Positionner la pastille : plaquer la pastille sur la surface sans la déplacer inutilement.
5. Appliquer une pression légère : maintenir une pression uniforme pendant la prise initiale.
6. Éliminer l'excédent : retirer l'adhésif qui remonte autour de la pastille.
7. Polymériser : respecter le cycle de polymérisation recommandé par le fabricant de l'adhésif.

8. Assurer la décharge mécanique des fils : les fils doivent être maintenus indépendamment de la pastille lorsque cela est nécessaire.

6.2 Choix de l'adhésif

Le choix doit être effectué selon :

- Température maximale ;
- Durée d'exposition ;
- Cycles thermiques ;
- Environnement ;
- Nécessité d'isolation électrique ;
- Nature du substrat.

Les familles envisageables sont notamment :

- époxy ;
- époxy thermiquement conductrice ;
- époxy haute température ;
- adhésifs souples pour les applications soumises à des déformations ou cycles thermiques.

La température admissible de l'adhésif doit toujours être vérifiée dans sa documentation technique.

6.3 Cémentation

La cémentation avec un matériau inorganique est privilégiée lorsque la température d'utilisation dépasse les possibilités des adhésifs organiques. La procédure est la suivante :

1. préparer et nettoyer la surface ;
2. nettoyer la face de la pastille ;
3. préparer le ciment conformément aux recommandations du fabricant ;
4. appliquer une couche aussi mince que possible ;
5. positionner la pastille ;

6. appliquer une pression légère et uniforme ;
7. éliminer l'excédent ;
8. respecter le temps de séchage ;
9. réaliser le cycle de cuisson recommandé.

Points d'attention : les ciments céramiques sont généralement plus rigides et plus fragiles que les adhésifs organiques. Il convient donc d'éviter :

- les couches épaisses ;
- les concentrations de contraintes ;
- les chocs mécaniques ;
- les sollicitations des fils pendant le séchage ;
- impose une montée en température progressive.

Le ciment doit être sélectionné en fonction du substrat, de la pastille et de la température d'utilisation.

6.4 Brasage

Le brasage peut être retenu lorsque l'on recherche une résistance thermique d'interface minimale et une excellente tenue mécanique.

Ses avantages sont les suivants :

- très faible épaisseur d'interface ;
- excellente conductivité thermique ;
- très bonne tenue mécanique ;
- excellente tenue aux cycles thermiques après qualification ;
- très bonne répétabilité du procédé lorsqu'il est maîtrisé.

Le brasage présente toutefois des limites :

- température de procédé élevée ;
- risque de dégradation ou de modification du thermocouple ;
- contraintes thermomécaniques ;

- difficulté de démontage ;
- nécessité de qualification du procédé.

Selon la conception de la pastille et le substrat, différentes familles peuvent être envisagées :

- brasures Sn-Ag-Cu pour les applications à basse température ;
- brasures Ag-Cu ;
- brasures actives de type Ag-Cu-Ti lorsque le brasage d'une interface particulière le nécessite.

Le choix doit prendre en compte :

- température de fusion ;
- température d'utilisation ;
- matériaux en présence ;
- atmosphère de brasage ;
- compatibilité métallurgique ;
- coefficient de dilatation ;
- influence du cycle de brasage sur le thermocouple.

Tout procédé de brasage destiné à une utilisation industrielle doit être préalablement qualifié sur l'assemblage réel.

7. Mise en œuvre de la pastille polyimide

7.1 Principe

La pastille polyimide est destinée en priorité aux applications nécessitant :

- faible épaisseur ;
- faible masse ;
- flexibilité ;
- adaptation à des surfaces légèrement irrégulières ;

- mise en œuvre simple par collage.

La méthode de fixation privilégiée est le collage.

7.2 Collage

La procédure est la suivante :

1. nettoyer et dégraisser la surface ;
2. nettoyer la face de la pastille ;
3. déposer une couche très mince d'adhésif ;
4. positionner la pastille sans pli ni ondulation ;
5. appliquer une pression uniforme ;
6. éliminer l'excédent ;
7. maintenir la pastille pendant la polymérisation ;
8. respecter le cycle de polymérisation du fabricant ;
9. assurer la décharge mécanique des fils.

Le choix doit tenir compte de :

- température maximale ;
- nature du substrat ;
- adhérence au polyimide ;
- cycles thermiques ;
- rigidité après polymérisation.

Pour les applications soumises à des cycles thermiques ou à des différences de dilatation importantes, un adhésif conservant une certaine souplesse peut être préférable à un adhésif très rigide.

La température maximale admissible du polyimide, de l'adhésif et de l'ensemble de la construction doit être vérifiée avant utilisation.

8. Bonnes pratiques communes

L'interface de fixation doit être aussi mince que possible tout en garantissant un contact continu.

Une quantité excessive de matériau de fixation augmente la résistance thermique et peut dégrader la réponse dynamique.

Éviter les bulles et défauts de contact. Les défauts de contact peuvent :

- augmenter localement la résistance thermique ;
- ralentir la réponse ;
- créer une dispersion entre capteurs ;
- provoquer une réponse instable lors des cycles thermiques.

La pastille doit être entièrement et uniformément plaquée.

Les fils doivent être positionnés de manière à limiter :

- les contraintes mécaniques sur la pastille ;
- la conduction thermique parasite ;
- l'exposition inutile à un fort gradient thermique.

Lorsque nécessaire, créer une zone de décharge de traction à proximité du capteur. Le maintien des fils ne doit pas transmettre d'effort significatif à la pastille.

9. Influence sur les performances

9.1 Réponse dynamique

La réponse d'un thermocouple peut être approximée par :

$$T(t) = T_{\infty} + (T_0 - T_{\infty})e^{-t/\tau}$$

La constante de temps τ dépend notamment :

- de la masse de la pastille ;
- de sa géométrie ;
- de la résistance thermique de l'interface ;
- de l'épaisseur de l'interface ;
- des propriétés thermiques du substrat ;
- des échanges thermiques avec l'environnement.

Pour maximiser la rapidité, il convient de cumuler :

pastille faible masse + interface mince + bon contact thermique + limitation des chemins thermiques parasites.

9.2 Influence des principales variables

On synthétise dans le tableau ci-après l'influence des principales variables sur les performances de la mesure par thermocouple pastille :

Variable	Influence sur la mesure
Épaisseur de colle ↑	Résistance thermique ↑ ; réponse plus lente
Conductivité de la colle ↑	Résistance thermique ↓
Surface de contact ↑	Résistance thermique ↓
Bulles / vides	Résistance thermique locale ↑ ; dispersion
Masse de la pastille ↑	Inertie thermique ↑
Contrainte sur les fils	Risque de décollement / dérive
Mauvaise préparation de surface	Adhérence et répétabilité ↓
Interface non homogène	Réponse non reproductible
Cycles thermiques importants	Risque de fissuration / décollement

9.3 Tableau d'aide au choix

Le tableau suivant propose un guide de sélection du meilleur procédé selon votre environnement :

Application	Pastille cuivre	Pastille Kapton
Montage courant	Époxy mince	Adhésif compatible
Recherche de rapidité	Interface très mince / brasure	Adhésif très mince
Température intermédiaire	Époxy HT	Adhésif compatible
Haute température	Ciment HT	Selon construction
Très haute température	Ciment adapté / brasage	Généralement non adapté
Cycles thermiques importants	Ciment ou brasage qualifié	Adhésif souple
Forte vibration	Brasage / maintien mécanique	Collage + maintien mécanique
Démontage souhaité	Adhésif / fixation mécanique	Adhésif / fixation mécanique
Montage permanent	Ciment / brasage	Adhésif

Déclaration de conformité UE



Nous,

Nextherm Sensing SAS
Siège sis 6 Impasse Louis Bentajou
31410 Longages
France

En accord avec les exigences de la directive suivante :

2011/65/EU limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques

Déclarons ici sous notre seule responsabilité que :

Modèle du produit TC-TK-0.35-CU & TC-TK-0.35-PI
Type de produit : Thermocouple pastille
Marque : Nextherm Sensing

est conforme à la législation d'harmonisation de l'Union européenne applicable suivante :

Directive 2011/65/EU du Parlement européen et du Conseil relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques (RoHS), incluant l'amendement **(EU) 2015/863**.

La conformité du produit a été évaluée sur la base du contrôle interne de la production. Le produit est conçu pour être utilisé dans des conditions normales d'utilisation conformément à sa documentation technique.



Nicolas Pelletier
Président
Longages, le 15 Janvier 2026

A propos de Nextherm Sensing

Nextherm Sensing est une entreprise innovante française issue de la Recherche aérospatiale, experte dans le domaine de la mesure des flux thermiques. Fondée en 2022, elle propose une large gamme de capteurs répondant à une grande diversité de problématiques académiques et industrielles.

A l'écoute de vos besoins et de vos contraintes applicatives, nous vous accompagnons de bout en bout dans le processus de sélection du capteur, la formation à l'utilisation, la mise à disposition d'outils d'analyse et le SAV. Nous proposons également un service de recalibration unique sur le marché, basé sur une source laser de haute précision.

Fondée par deux chercheurs, Nextherm Sensing a dans son ADN l'innovation et l'amélioration continue. C'est pourquoi nous consacrons une grande partie de nos ressources à la proposition de nouveaux produits, toujours plus robustes et performants.

Retrouvez-nous sur www.nextherm-sensing.com

Ou contactez-nous directement à : contact@nextherm-sensing.com