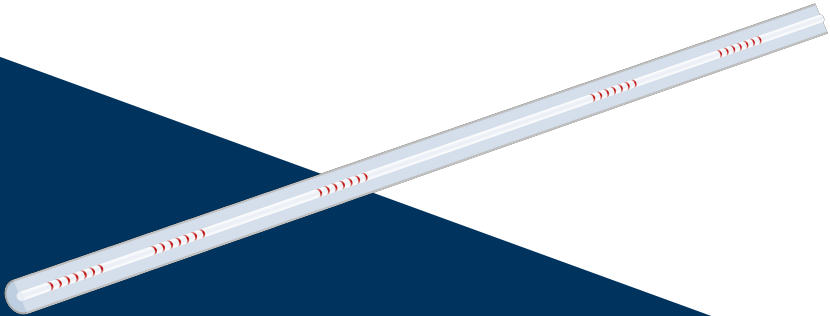


FRANÇAIS

Notice de montage



FS70FBG

Série de réseaux de Bragg nus

Hottinger Brüel & Kjaer GmbH
Im Tiefen See 45
64293 Darmstadt
Germany
Tel. +49 6151 803-0
Fax +49 6151 803-9100
info@hbkworld.com
www.hbkworld.com

HBK FiberSensing, S.A.
Rua Vasconcelos Costa, 277
4470-640 Maia
Portugal
Tel. +351 229 613 010
Fax +351 229 613 020
info.fs@hbkworld.com
www.hbkworld.com

Mat.:
DVS: A05408 03 F00 00
11.2022

© Hottinger Brüel & Kjaer GmbH

Sous réserve de modifications.
Les caractéristiques indiquées ne décrivent nos
produits que sous une forme générale. Elles
n'impliquent aucune garantie de qualité ou de
durabilité.

TABLE DES MATIÈRES

1	Généralités	4
2	Installation du capteur	5
2.1	Liste de matériel	5
2.2	Préparation de la surface d'installation	5
2.3	Marquage du point de mesure	8
2.4	Collage du capteur	10
2.4.1	Utilisation de la colle EP310	10
2.4.2	Installation avec la colle époxy	13
2.5	Protection du trajet de la fibre	19
2.5.1	Utilisation de la colle époxy	19
2.6	Pose et protection des câbles	21
3	Configuration du capteur	23
3.1	Déformation	23

1 GÉNÉRALITÉS

La présente notice décrit la procédure d'installation de la série de réseaux de Bragg nus FS70FBG.

Numéros de commande
K-FS70FBG

2 INSTALLATION DU CAPTEUR

Les instructions suivantes indiquent comment installer la série de réseaux de Bragg nus FS70FBG sur des surfaces lisses afin de mesurer les déformations.

Pour la noyer dans des matériaux composites ou l'appliquer sur des surfaces non uniformes (présentant des gradients d'allongement sur la longueur du FBG), veuillez contacter HBK FiberSensing.

2.1 Liste de matériel

Matériel fourni
Série de réseaux de Bragg FS70FBG

Matériel requis
Feuilles abrasives.
Produits de nettoyage de surface. Recommandation d'HBK : 1-RMS1 ou 1-RMS1-SPRAY
Chiffons. Recommandation d'HBK : 1-8402.0026
Ruban de masquage. Recommandation d'HBK : 1-KLEBEBAND
Colle. Recommandation d'HBK : 1-EP310S, 1-X60 Produit tiers recommandé : DP490 de 3M
Protection. Recommandation d'HBK : 1-ABM75 et/ou 1-AK22

2.2 Préparation de la surface d'installation

La surface du matériau doit être nettoyée pour garantir qu'aucune poussière ou graisse ne se trouve dans la zone de collage.

Nettoyer la surface avec du nettoyant RMS1 (Fig. 2.1) et du non-tissé (Fig. 2.2), comme recommandé.



Fig. 2.1 Pulvérisation de 1-RMS sur un spécimen

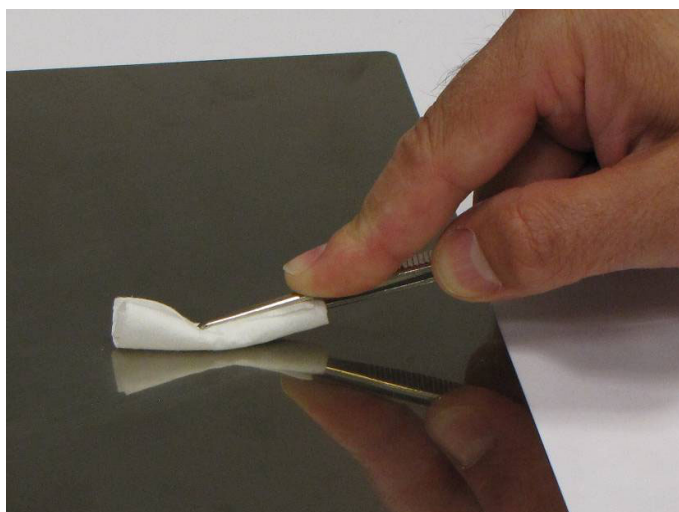


Fig. 2.2 Nettoyage avec un morceau de non-tissé

Toujours essuyer dans le même sens jusqu'à ce que le dernier morceau de non-tissé reste propre à l'issue de l'opération.

En cas d'installation avec de la colle EP310S, la surface du point de mesure doit être poncée avec de la toile émeri, grain 220 ou plus fin, en effectuant des mouvements circulaires (Fig. 2.3).

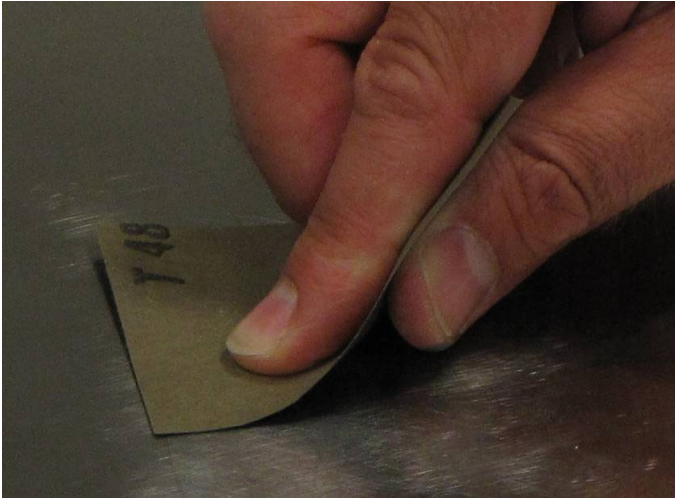


Fig. 2.3 Ponçage de la surface avec de la toile émeri

Nettoyer à nouveau la surface d'installation poncée avec du RMS1 et des morceaux de non-tissé (Fig. 2.4).



Fig. 2.4 Nettoyage de la surface d'installation poncée

2.3 Marquage du point de mesure

Définir l'alignement de chaque réseau de Bragg en fonction de la direction de mesure. Le réseau de Bragg est centré sur le point médian entre les lignes de marquage.

Cette étape est particulièrement importante car le positionnement de la fibre détermine la direction de mesure.

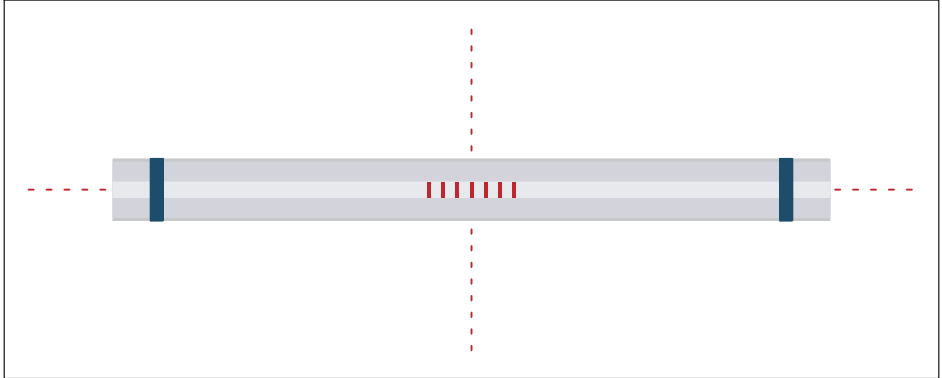


Fig. 2.5 Marquages d'alignement du réseau de Bragg

Dans l'idéal, il est conseillé d'utiliser une cartouche de stylo à bille vide pour marquer le point d'installation. La ligne de marquage doit avoir une longueur d'environ 60 mm dans la direction de mesure. Une ligne de marquage verticale d'environ 40 mm doit être tracée en partant du centre du point d'installation, voir Fig. 2.6.



Fig. 2.6 Traçage des lignes de marquage

Une fois que la zone est repérée, le point d'installation doit être nettoyé très soigneusement, voir Fig. 2.7. Noter qu'il faut utiliser un nouveau morceau de non-tissé à chaque fois que le point est essuyé. Répéter l'opération jusqu'à ce qu'il n'y ait plus aucun résidu sur le morceau de non-tissé.

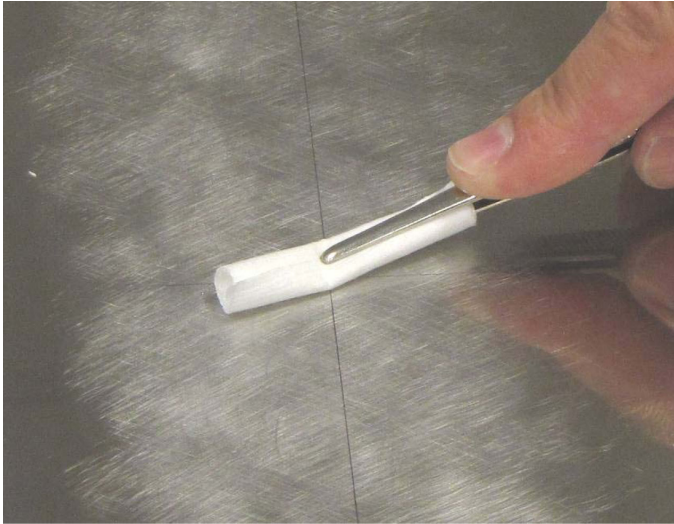


Fig. 2.7 Nettoyage final du point d'installation

Positionner la fibre optique en centrant le réseau de Bragg sur le point de mesure et en appliquant une faible tension de façon à ce que la fibre soit aussi droite que possible. Fixer la fibre dans cette position à l'aide de deux bandes de ruban adhésif polyimide (numéro de commande 1-KLEBEBAND) placées en dehors des repères de la fibre (Fig. 2.8).



Fig. 2.8 Fixation de la fibre optique

2.4 Collage du capteur

Le choix des colles et le processus de collage déterminent l'étendue de mesure et la température de fonctionnement du FS70FBG utilisé en tant qu'extensomètre. Toujours se reporter aux instructions de pose de la colle pour plus de détails.



Important

Le processus de collage peut conduire à des changements dans la réponse spectrale du réseau de Bragg, et donc avoir un impact sur la qualité de la mesure.

2.4.1 Utilisation de la colle EP310

Le collage avec l'EP310 offre les meilleurs résultats en termes de fluage à température élevée et sous contrainte élevée. L'EP310 est une colle à polymérisation à chaud. Cela signifie qu'elle ne peut être utilisée que si la pièce de mesure peut être aisément chauffée. La température minimale de polymérisation de la colle EP310 s'élève à 80 °C (avec un temps de polymérisation de 8 h).

Appliquer la colle EP310 (numéro de commande 1-EP310) sur toute la zone de collage du réseau de Bragg. La longueur de collage doit au moins englober les repères. Laisser la colle sécher pendant 5 minutes à température ambiante.

Pour le collage avec l'EP310, il est important que la fibre touche directement la surface sur toute la longueur de collage.

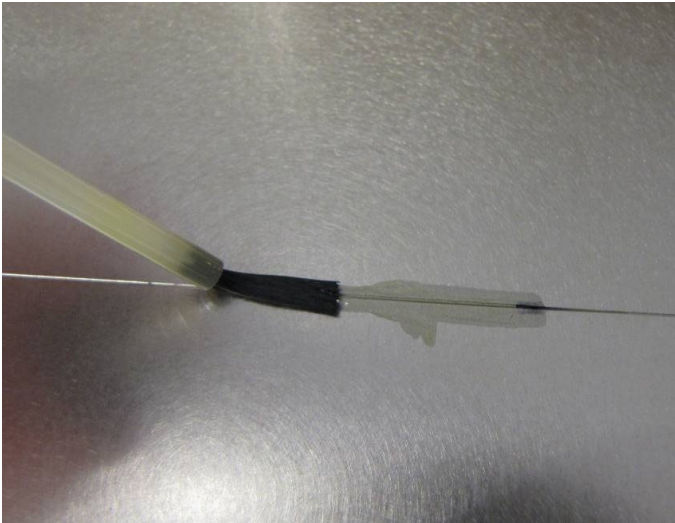


Fig. 2.9 Recouvrement de la zone de collage du réseau de Bragg avec de la colle EP310

Placer un morceau de film téflon (numéro de commande 1-Teflon) et deux bandes de gomme silicone (fournies avec l'EP310) sur le point d'installation. Les bandes de silicone doivent mesurer 2 cm x 4 cm.

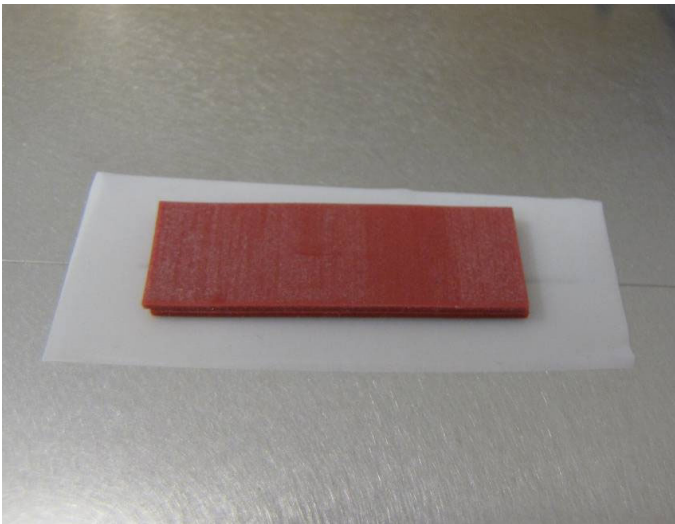


Fig. 2.10 Recouvrement de la zone de collage de la fibre optique avec du film téflon et deux bandes de gomme silicone

Poser par-dessus une charge plate de 1 kg. La charge doit être placée de façon symétrique sur le dessus de la zone de collage.



Fig. 2.11 Charge sur le dessus de la zone de collage de la fibre optique

La colle EP310 doit polymériser de préférence pendant 2 h à 150 °C, ou encore à 80 °C pendant au moins 8 h.

2.4.2 Installation avec la colle époxy

Avec une colle à deux composants époxy (par exemple la colle DP490 de 3M recommandée), la longueur de collage du réseau de Bragg doit être entourée par la colle. La longueur de collage doit s'étendre au moins entre les deux repères (sur 50 mm, centrée sur le FBG).

- ▶ Commencer par créer une gorge en utilisant deux bandes de ruban adhésif polyimide (numéro de commande 1-KLEBEBAND). Cette gorge doit être suffisamment longue pour inclure la zone de collage et être parallèle et symétrique par rapport à la fibre.

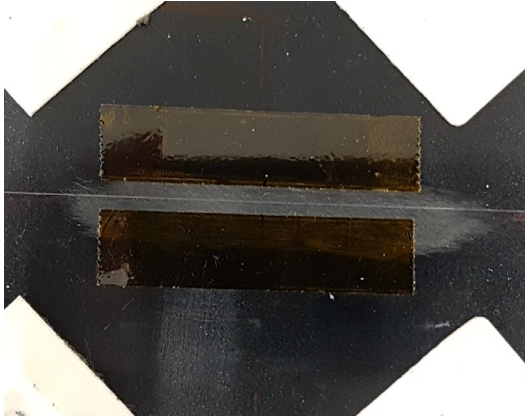


Fig. 2.12 Gorge de collage

- ▶ Appliquer un cordon très fin de colle époxy sur toute la longueur de collage.

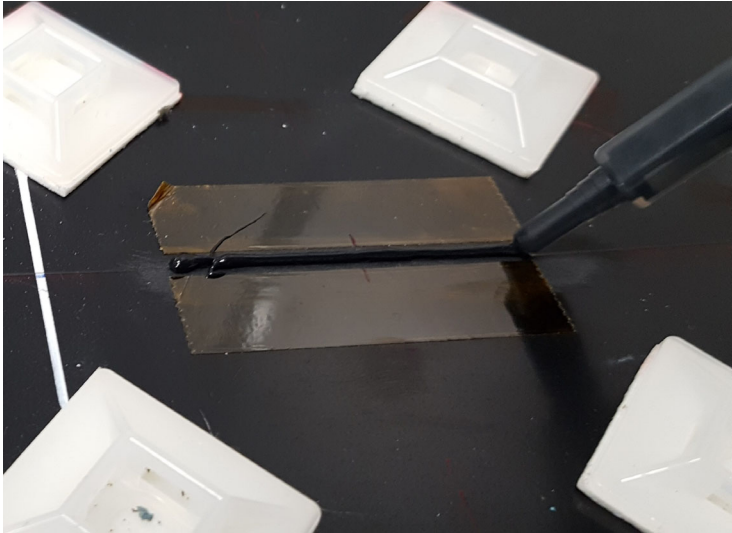


Fig. 2.13 Application de la colle époxy.

- ▶ Tourner légèrement et très doucement la fibre d'un côté à l'autre, en terminant sur la position initiale. Cela permet d'être sûr que la fibre est entièrement engagée dans la colle, tout en la maintenant aussi proche que possible de la surface.



Information

Au final, la fibre doit rester droite et alignée avec la direction de mesure souhaitée.

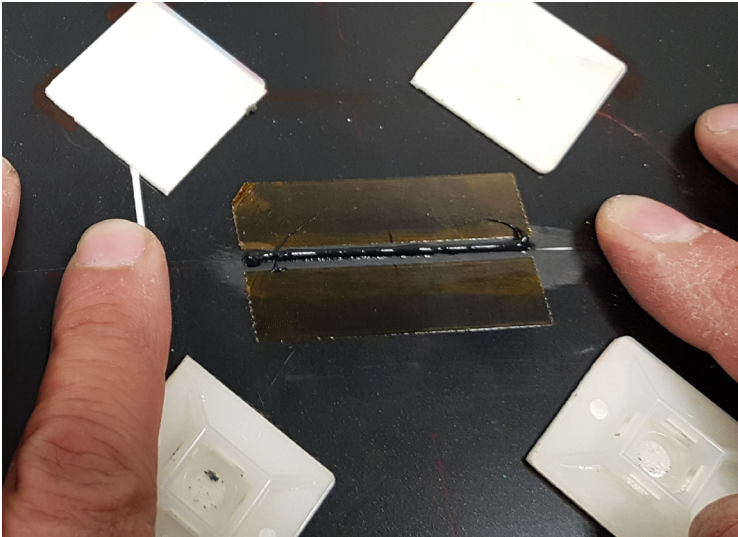


Fig. 2.14 Rotation de la fibre

- ▶ Avec une spatule non métallique ou tout autre outil plat similaire, étaler la colle le long de la gorge en effectuant un mouvement continu dans une seule direction. Le mouvement ne doit pas être interrompu, c'est-à-dire qu'il doit se faire d'un bout à l'autre. Cette étape permet de répartir la colle sur toute la surface de la gorge et d'éliminer l'excédent de colle vers les côtés.

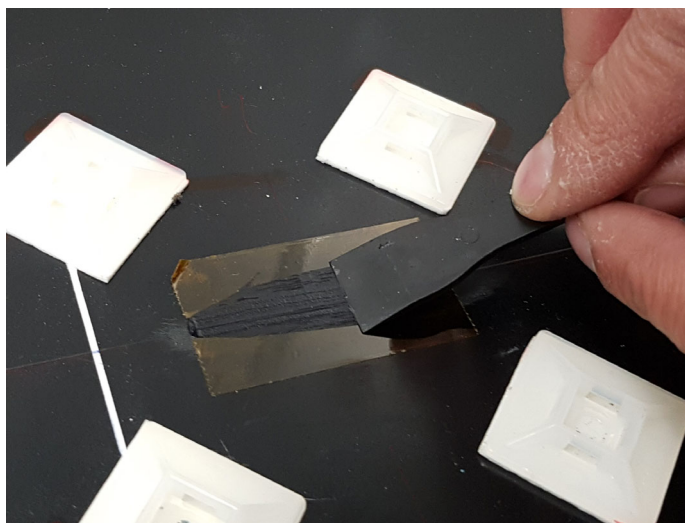


Fig. 2.15 *Étalement de la colle avec une spatule*

- ▶ Appliquer un morceau de ruban adhésif polyimide par-dessus le réseau de Bragg et la colle.

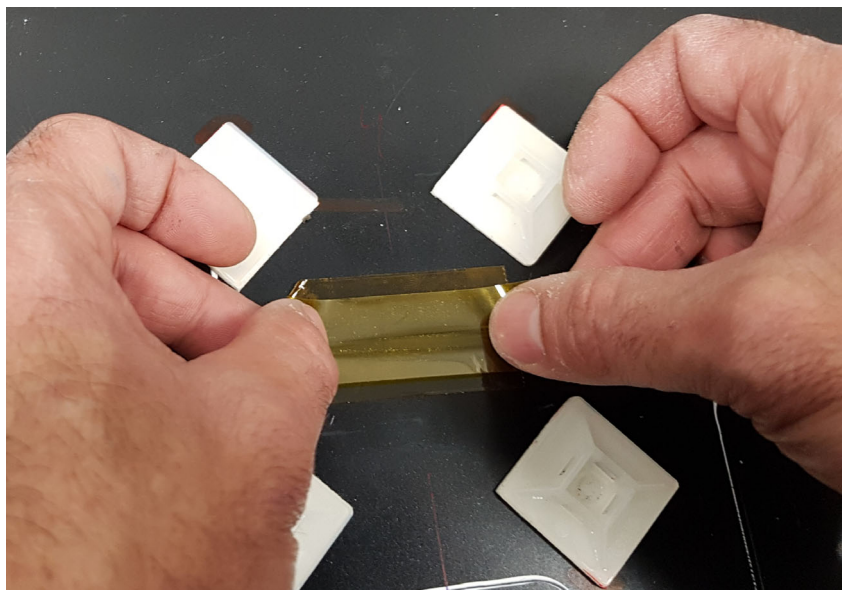


Fig. 2.16 *Application d'un nouveau morceau de ruban adhésif polyimide*

- ▶ Répéter l'opération d'étalement de la colle à la spatule, cette fois sur le ruban adhésif polyimide.

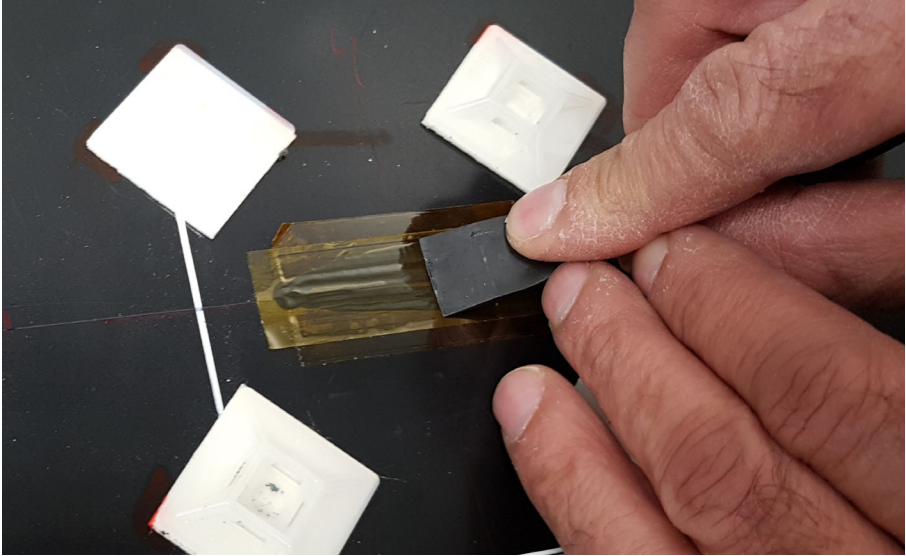


Fig. 2.17 Étalement de la colle avec une spatule

- ▶ Appliquer de nouveau une contrainte sur la fibre en ajustant si nécessaire le ruban de fixation.



Information

Au final, la fibre doit rester droite et alignée avec la direction de mesure souhaitée.

- Placer un morceau de caoutchouc sur la zone de collage et appliquer une pression continue en se servant d'un matériau rigide.

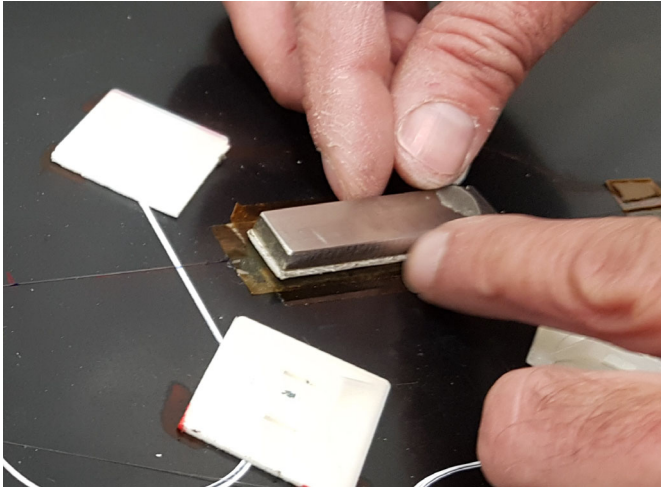


Fig. 2.18 Aligement du caoutchouc et pièce auxiliaire rigide

- Maintenir la pression pendant 1 à 2 minutes.



Fig. 2.19 Application d'une pression uniforme sur le réseau de Bragg

- Une fois cette opération terminée, retirer la pièce auxiliaire et le caoutchouc et tirer sur les deux extrémités de la fibre pour aligner correctement le réseau de Bragg.

Replacer les morceaux de ruban initiaux pour maintenir la fibre dans cette position tendue.

- ▶ Répéter les étapes d'étalement de la colle à la spatule et de pression pendant 1 à 2 minutes avec le caoutchouc et la pièce auxiliaire.
- ▶ Attendre le durcissement complet de la colle époxy, puis retirer les morceaux de ruban adhésif polyimide utilisés pour le processus de collage.

i Information

À température ambiante, la colle DP490 recommandée durcit en 24 h. Pour d'autres températures de polymérisation, se référer aux instructions du fournisseur.

2.5 Protection du trajet de la fibre

Il peut être important de protéger le trajet de la fibre entre deux réseaux de Bragg ou entre le réseau de Bragg et la connexion au câble. La nécessité de le faire et la solution exacte dépendront principalement de l'application et des conditions environnementales.

2.5.1 Utilisation de la colle époxy

L'une des possibilités pour protéger la fibre est d'utiliser la colle DP490 recommandée. La solution qui suit propose d'utiliser un ruban mousse qui offre une finition plus esthétique.

- ▶ Créer une gorge autour du trajet de la fibre avec un ruban mousse d'une épaisseur d'env. 1 mm (recommandation : TESA Powerbond).



Fig. 2.20 Gorge le long de la fibre créée avec du ruban mousse (option)

- ▶ Appliquer la colle époxy le long du trajet.

- ▶ Avec une spatule, lisser la surface de la colle et remplir toute la largeur de la gorge en pressant doucement la colle contre le ruban mousse grâce à un mouvement continu dans une seule direction.



Fig. 2.21 Étalement de la colle avec une spatule

Attendre environ 2 heures.

- ▶ Retirer le film de protection rouge des bandes de ruban (option). Le résultat final sera ainsi plus esthétique.

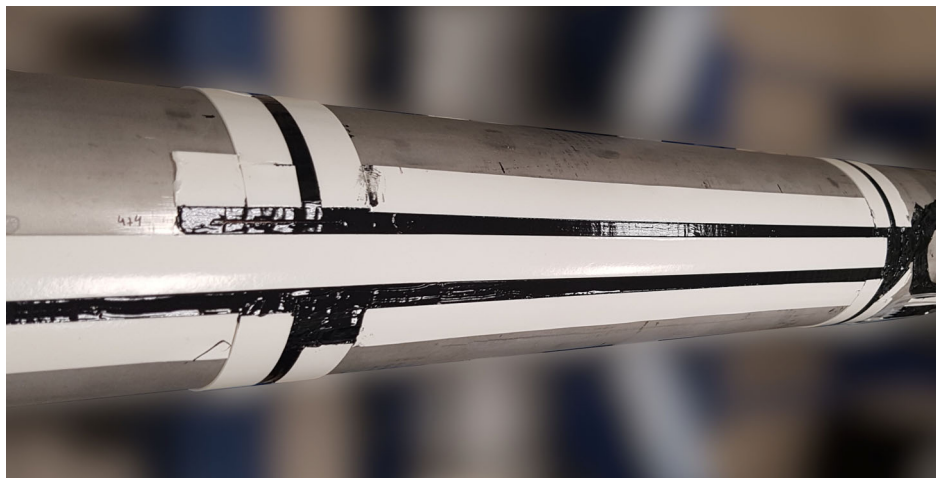


Fig. 2.22 Retrait du film de protection rouge

Attendre que la colle durcisse.

► Retirer les bandes.

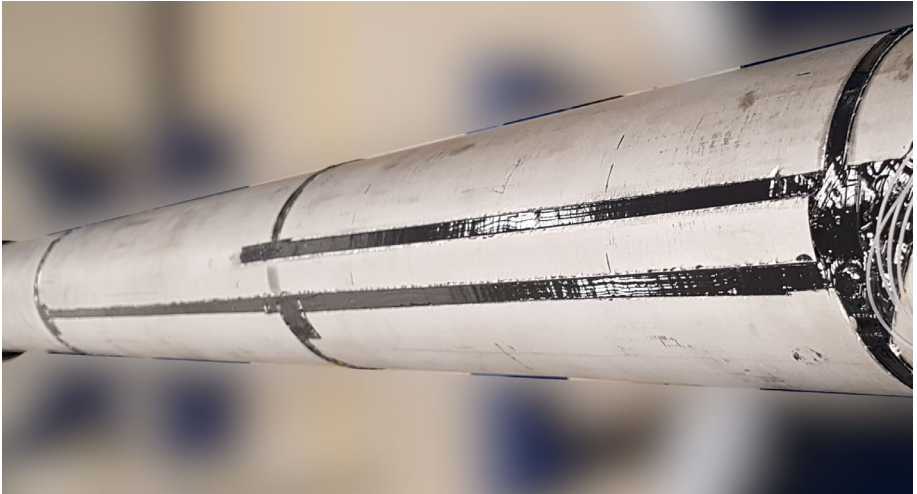


Fig. 2.23 Protection terminée

2.6 Pose et protection des câbles

Le capteur FS70FBG peut être fourni avec ou sans câble, et avec différents types de câbles.

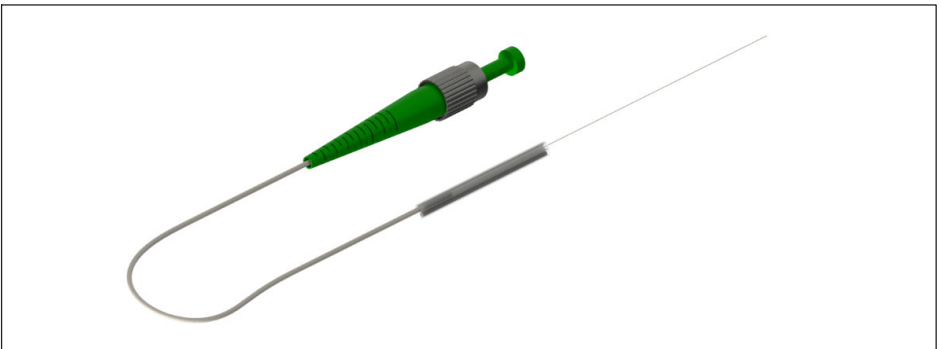


Fig. 2.24 Extrémité de câble à tresse

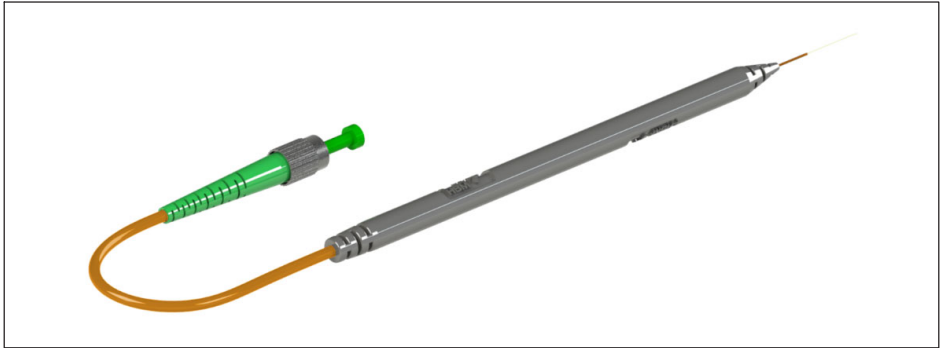


Fig. 2.25 Extrémité de câble en aramide

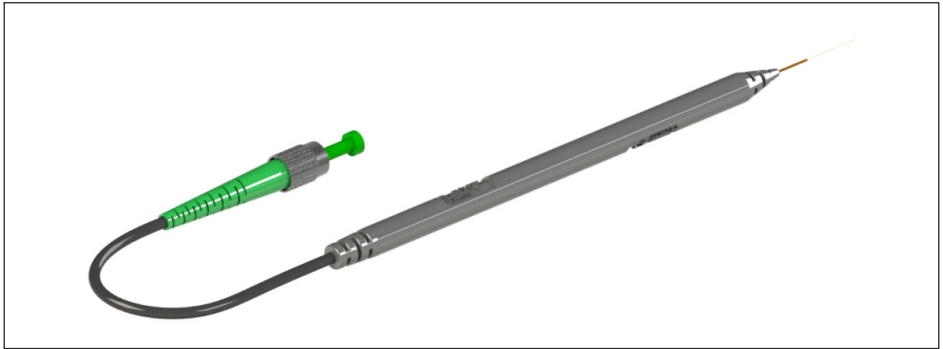


Fig. 2.26 Extrémité de câble armé

Le câble capteur doit être posé en s'assurant que les câbles ne pendent pas et que les courbures restent dans les limites spécifiées pour le câble utilisé. Le câble doit être fixé à l'aide d'attaches ou d'un ruban solide. Les protections d'épissures doivent également être bien fixées. La zone des épissures sur le FS70FBG est un endroit fragile en raison des rigidités différentes. Cela est particulièrement vrai pour les câbles de 3 mm (armés ou en aramide).

3 CONFIGURATION DU CAPTEUR

3.1 Déformation

Les extensomètres ne sont pas des capteurs étalonnés. La fiche de caractéristiques fournie avec le capteur indique les données du capteur requises pour un calcul correct de la contrainte.

Pour les extensomètres optiques, la variation de la longueur d'onde prenant en compte l'effet de la température est donnée par l'équation illustrée sur la Fig. 3.1.

$$\frac{(\lambda - \lambda_0)}{\lambda_0} = k \cdot (\varepsilon_{charge} + (TCS + CTE) \cdot (T - T_0)) \cdot 10^{-6}$$

Fig. 3.1 Variation de la longueur d'onde d'un réseau de Bragg due à la contrainte et aux effets de la température

Où

- λ est la longueur d'onde de Bragg mesurée de l'extensomètre en nm
- λ_0 est la longueur d'onde de Bragg de l'extensomètre à l'instant de référence en nm
- k est le facteur d'intensité de contrainte k de l'extensomètre (sans dimension)
- ε_{charge} est la contrainte mécanique appliquée à la structure en $\mu\text{m}/\text{m}$
- TCS indique l'influence de la température sur la sensibilité de l'extensomètre en $(\mu\text{m}/\text{m})/^\circ\text{C}$
- CTE correspond à la dilatation thermique du matériau du spécimen sur lequel l'extensomètre est fixé en $(\mu\text{m}/\text{m})/^\circ\text{C}$
- $T - T_0$ est la variation de température entre l'instant de référence et l'instant de mesure en $^\circ\text{C}$

Mesure sans compensation

Si aucune compensation thermique n'est requise, le calcul de contrainte peut être effectué comme indiqué sur la Fig. 3.2.

$$\varepsilon = \frac{(\lambda - \lambda_0)}{k \cdot \lambda_0} \cdot 10^6$$

Fig. 3.2 Formule de calcul de la contrainte sans compensation thermique

Où

- ε est l'allongement mesuré en $\mu\text{m}/\text{m}$

- λ est la longueur d'onde de Bragg mesurée de l'extensomètre en nm
- λ_0 est la longueur d'onde de Bragg de l'extensomètre à l'instant de référence en nm
- k est le facteur d'intensité de contrainte k de l'extensomètre (sans dimension)

Mesure avec compensation thermique en utilisant un capteur de température

Il est facile de calculer la contrainte compensée, en $\mu\text{m}/\text{m}$, en utilisant un capteur de température car la sortie d'un capteur de température est une valeur de température en $^{\circ}\text{C}$. Le calcul est présenté sur la Fig. 3.3.

$$\varepsilon_{charge} = \frac{(\lambda - \lambda_0)}{k \cdot \lambda_0} \cdot 10^6 - (TCS + CTE)(T - T_0)$$

Fig. 3.3 Calcul de la contrainte avec compensation thermique en utilisant un capteur de température

Où

- ε_{charge} est la contrainte mécanique appliquée à la structure en $\mu\text{m}/\text{m}$
- λ est la longueur d'onde de Bragg mesurée de l'extensomètre en nm
- λ_0 est la longueur d'onde de Bragg de l'extensomètre à l'instant de référence en nm
- k est le facteur d'intensité de contrainte k de l'extensomètre (sans dimension)
- TCS indique l'influence de la température sur la sensibilité de l'extensomètre en $(\mu\text{m}/\text{m})/^{\circ}\text{C}$
- CTE correspond à la dilatation thermique du matériau du spécimen sur lequel l'extensomètre est fixé en $(\mu\text{m}/\text{m})/^{\circ}\text{C}$
- T est la température mesurée par le capteur de température utilisé en $^{\circ}\text{C}$
- T_0 est la température mesurée par le capteur de température à l'instant de référence en $^{\circ}\text{C}$

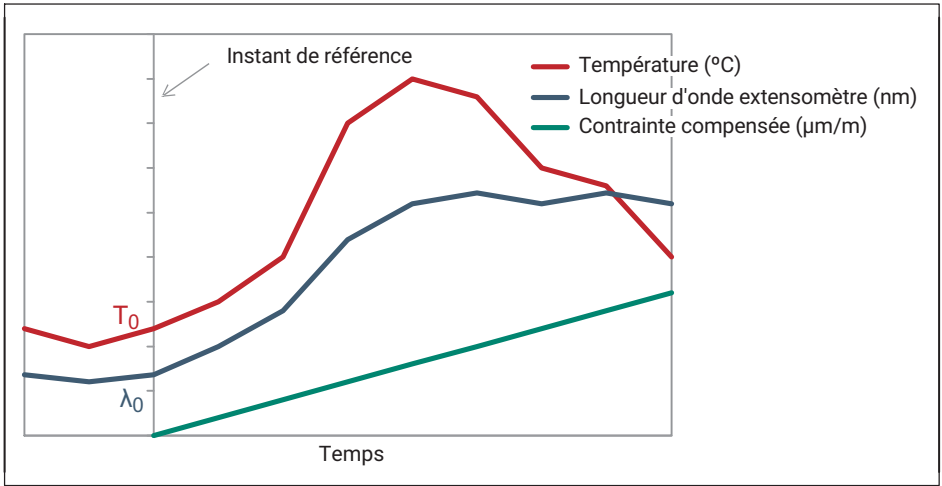


Fig. 3.4 Instant de référence pour la mesure de contrainte avec compensation thermique en cas d'utilisation d'un capteur de température pour la compensation

Mesure avec compensation thermique en utilisant un élément de compensation

La mesure de contrainte peut également être compensée correctement en utilisant un élément de compensation reposant sur la technologie FBG. Différentes approches peuvent être utilisées :

- Un capteur de température sans certificat d'étalonnage
- Un extensomètre installé sur une zone sans contrainte du même matériau
- Un extensomètre installé sur un matériau sans contrainte présentant un coefficient de dilatation thermique connu

Le calcul de la contrainte peut ensuite être réalisé à l'aide de l'équation de la Fig. 3.5.

$$\varepsilon_{charge} = \frac{\lambda - \lambda_0}{k \cdot \lambda_0} \cdot 10^6 - \frac{\lambda_{Tc} - \lambda_{0Tc} (TCS + CTE)}{\lambda_{0Tc} TCF}$$

Fig. 3.5 Calcul de la contrainte avec compensation thermique en utilisant un élément de compensation à réseau de Bragg

Où

- ε_{charge} est la contrainte mécanique appliquée à la structure en $\mu\text{m/m}$
- λ est la longueur d'onde de Bragg mesurée de l'extensomètre en nm
- λ_0 est la longueur d'onde de Bragg de l'extensomètre à l'instant de référence en nm

- k est le facteur d'intensité de contrainte k de l'extensomètre (sans dimension)
- λ_{TC} est la longueur d'onde de Bragg mesurée de l'élément de compensation en nm
- λ_{0TC} est la longueur d'onde de Bragg de l'élément de compensation à l'instant de référence en nm
- TCS indique l'influence de la température sur la sensibilité de l'extensomètre en $(\mu\text{m}/\text{m})/^\circ\text{C}$
- CTE correspond à la dilatation thermique du matériau du spécimen sur lequel l'extensomètre est fixé en $(\mu\text{m}/\text{m})/^\circ\text{C}$
- TCF est le facteur de compensation thermique de l'élément de compensation en $(\mu\text{m}/\text{m})/^\circ\text{C}$. Pour un capteur de température non étalonné, la valeur est indiquée sur la fiche de caractéristiques du capteur. Pour un extensomètre fixé à un matériau particulier, le TCF peut être calculé comme illustré sur la Fig. 3.6.

$$TCF = (5,7 + k \cdot CTE_{TC})$$

Fig. 3.6 Calcul du facteur de compensation thermique

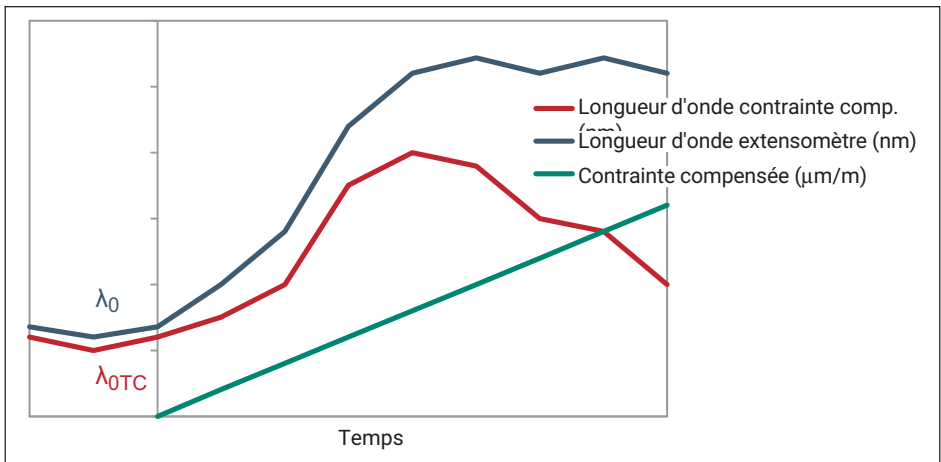


Fig. 3.7 Instant de référence pour la mesure de contrainte avec compensation thermique en cas d'utilisation d'un élément de compensation à réseau de Bragg

Mesure avec correction du moment de flexion

En cas de mesure sur un élément à l'aide d'un capteur placé très loin de la surface de fixation, il peut y avoir une "erreur" de mesure car la distance entre le point de mesure / l'alignement et l'axe neutre est différente de la distance entre la surface d'installation et l'axe neutre.

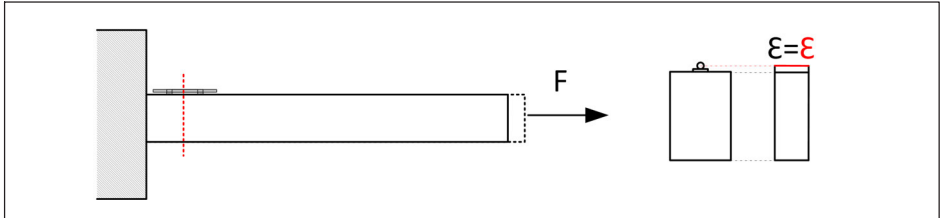


Fig. 3.8 Contrainte en présence uniquement d'une déformation axiale

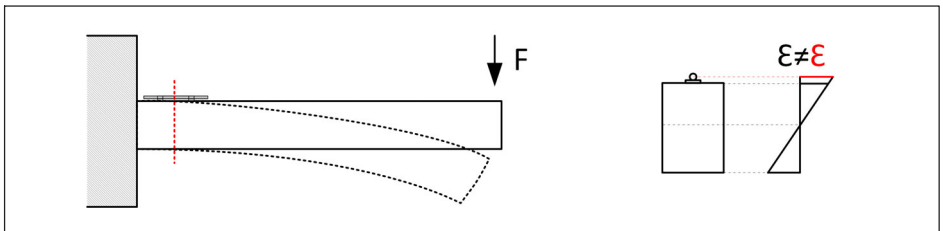


Fig. 3.9 Contrainte en présence uniquement d'un moment de flexion

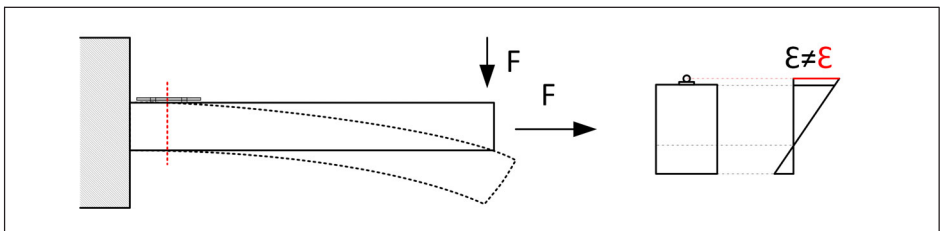


Fig. 3.10 Contrainte en cas de charge axiale et de moment de flexion

Cela devient très important lorsque la distance entre l'élément sensible du capteur et la surface de fixation n'est pas négligeable, ou si le spécimen est très fin. Cette distance est de 0,095 mm sur les réseaux de Bragg nus de la FS70FBG (h_2 sur la Fig. 3.11).

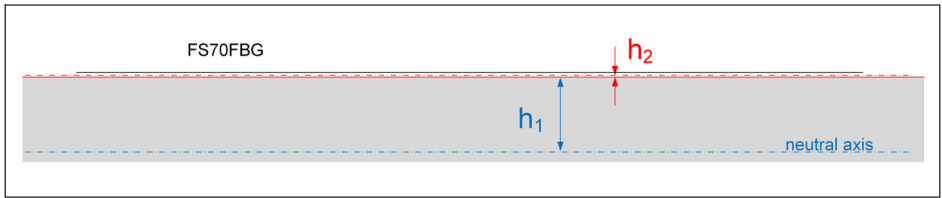


Fig. 3.11 Distance entre le réseau de Bragg et la surface de montage sur le FS70FBG

Toutefois, comme la distance par rapport à l'axe neutre (h_1) est connue, la contrainte mesurée par le capteur peut être corrigée en contrainte sur la surface à l'aide d'un facteur géométrique :

$$\varepsilon_{surface} = \frac{\lambda - \lambda_0}{k \cdot \lambda} \cdot \frac{h_1}{h_2 + h_1} \cdot 10^6$$

Fig. 3.12 Correction calculée de l'effet de flexion sur la contrainte

Où

- $\varepsilon_{surface}$ est la contrainte mécanique sur la surface de mesure en $\mu\text{m/m}$
- λ est la longueur d'onde de Bragg mesurée de l'extensomètre en nm
- λ_0 est la longueur d'onde de Bragg de l'extensomètre à l'instant de référence en nm
- k est le facteur d'intensité de contrainte k de l'extensomètre (sans dimension)
- h_1 est la distance entre la surface de mesure et l'axe neutre en mm
- h_2 est la distance entre la surface de mesure et le réseau de Bragg en mm (0,095 mm pour le FS70FBG)

