

FRANÇAIS

Notice de montage



FS62PSS, FS62PSR, FS63LTS

Extensomètres sur patch, rosette d'extensométrie
sur patch et capteurs de température de laboratoire

Hottinger Brüel & Kjaer GmbH
Im Tiefen See 45
D-64293 Darmstadt
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
Phone: +351 229 613 010
Fax: +351 229 613 020
www.hbkworld.com
info.fs@hbkworld.com

Mat.:
DVS: A05320 03 F00 00
06.2022

© 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	Procédure d'installation	5
2.1	Liste de matériel	5
2.2	Extensomètre sur patch FS62PSS	5
2.2.1	Préparation de la surface d'installation	5
2.2.2	Marquage du point de mesure	8
2.2.3	Positionnement du capteur	9
2.2.4	Collage du capteur	10
2.3	Rosette d'extensométrie sur patch FS62PSR	14
2.3.1	Préparation de la surface d'installation	14
2.3.2	Marquage du point de mesure	14
2.3.3	Positionnement du capteur	15
2.3.4	Collage du capteur	16
2.4	Capteur de température de laboratoire FS63LTS	18
2.4.1	Préparation de la surface d'installation	18
2.4.2	Positionnement du capteur	18
2.4.3	Fixation du capteur	19
2.5	Pose et protection des câbles	20
2.6	Protection des capteurs	21
3	Configuration du capteur	25
3.1	Documentation relative aux capteurs	25
3.2	Calcul à partir des mesures	25
3.2.1	Température	25
3.2.2	Déformation	26

1 GÉNÉRALITÉS

La présente notice se rapporte à la procédure d'installation des extensomètres sur patch FS62PSS, de la rosette d'extensométrie sur patch FS62PSR et des capteurs de température de laboratoire FS63LTS.

Ces capteurs peuvent être livrés individuellement ou en réseaux de capteurs pré-assemblés dans des équipements HBK FiberSensing.

Numéros de commande		
Extensomètres	Rosettes d'extensométrie	Capteurs de température
K-FS62PSS	K-FS62PSR	K-FS63LTS
1-FS62PSS-1510	1-FS62PSR-3505	1-FS63LTS-1515
1-FS62PSS-1520	1-FS62PSR-3520	1-FS63LTS-1525
1-FS62PSS-1530	1-FS62PSR-3535	1-FS63LTS-1535
1-FS62PSS-1540	1-FS62PSR-3550	1-FS63LTS-1545
1-FS62PSS-1550	1-FS62PSR-3565	1-FS63LTS-1555
1-FS62PSS-1560	1-FS62PSR-3580	1-FS63LTS-1565
1-FS62PSS-1570		1-FS63LTS-1575
1-FS62PSS-1580		1-FS63LTS-1585
1-FS62PSS-1590		1-FS63LTS-1595
Réseaux de capteurs		
K-FS76BRD		

2 PROCÉDURE D'INSTALLATION

2.1 Liste de matériel

Matériel fourni		
FS62PSS	FS62PSR	FS63LTS
Capteur	Capteur	Capteur
Aide à l'installation en polymère fluoré	Aide à l'installation en polymère fluoré	
Film en polymère fluoré	Film en polymère fluoré	
Tampon de pression (un par kit)	Tampon de pression (un par kit)	

Équipement requis
Machine d'ébavurage (facultatif)

Matériel requis
Colle. Recommandation d'HBK : 1-Z70, 1-X60 ou 1-X280
Papier abrasif
Produits de nettoyage de surface. Recommandation d'HBK : 1-RMS1 ou 1-RMS1-SPRAY
Chiffons. Recommandation d'HBK : 1-8402.0026
Ruban de masquage en polyimide. Recommandation d'HBK : 1-KLEBEBAND
Protection. Recommandation d'HBK : 1-ABM75 et/ou AK22

2.2 Extensomètre sur patch FS62PSS

2.2.1 Préparation de la surface d'installation

La surface du spécimen doit être nettoyée et égalisée avant d'installer des jauges ou extensomètres optiques.

Si le matériau comporte des couches de protection comme de la peinture ou de la rouille, ébavurer (*Fig. 2.1*) ou poncer (*Fig. 2.2*) la surface pour les enlever et assurer que la surface ne devienne pas irrégulière.



Fig. 2.1 Enlèvement de la peinture et de la rouille avec une machine à ébavurer



Fig. 2.2 Enlèvement de la peinture et de la rouille avec du papier abrasif

Nettoyer la surface avec un nettoyant dégraissant approprié (nous conseillons le RMS1) et des morceaux de non-tissé (Fig. 2.3 et Fig. 2.5).

Répéter le processus de nettoyage jusqu'à ce que le morceau de non-tissé reste propre à l'issue de l'opération.



Fig. 2.3 Utilisation du nettoyant RMS1 et de morceaux de non-tissé

Si le matériau ne comporte aucune couche de protection et est très lisse, il est tout de même nécessaire de poncer la surface avec du papier abrasif (d'un grain 180 par exemple) en effectuant des mouvements circulaires (*Fig. 2.4*).



Fig. 2.4 Ponçage de la surface du spécimen

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



Fig. 2.5 Nettoyage de la surface

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

2.2.2 Marquage du point de mesure

Définir l'alignement du capteur en tenant compte de la direction de mesure et des guides du capteur.



Fig. 2.6 Marquages d'alignement du capteur FS62PSS



Conseil

Utiliser un outil pointu ou un stylo, selon le matériau de la surface, pour marquer la position du capteur.



Conseil

S'assurer que les mains et les outils utilisés sont propres pour éviter de contaminer la zone de collage.

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 pour indiquer le centre du capteur, voir Fig. 2.7. Arrêter les deux lignes au niveau de la zone de collage du capteur.



Fig. 2.7 Marquage de la position du capteur

2.2.3 Positionnement du capteur

Retirer le capteur optique de son étui portefeuille dans la boîte et enlever le film protecteur en polymère fluoré du côté pose du capteur.



Conseil

Conserver le film protecteur en polymère fluoré pour une utilisation ultérieure lors de la phase de collage.

Mettre ensuite le capteur en place en fixant l'aide à l'installation en polymère fluoré au point de mesure repéré. Une fois que le capteur a été positionné en l'alignant sur la croix prévue, le fixer sur le spécimen en plaçant un ruban adhésif polyimide (1-KLEBEBAND) de 10 cm de long par dessus l'aide à l'installation en polymère fluoré, sans toucher le capteur (Fig. 2.8).



Fig. 2.8 Aligment et mise en place du FS62PSS

L'étape qui suit n'est pas obligatoire, mais elle est conseillée pour éviter toute fuite de colle.

Appliquer un autre ruban adhésif polyimide (1-KLEBEBAND) de 10 cm de long de l'autre côté du capteur, à quelques millimètres du capteur en l'alignant sur son côté le plus long (Fig. 2.9).

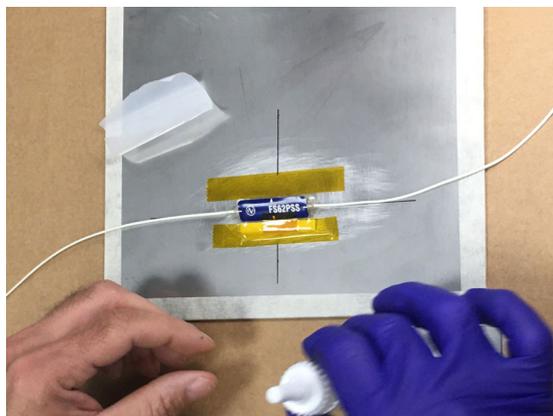


Fig. 2.9 Application d'un masque adhésif

2.2.4 Collage du capteur

Les instructions suivantes ont été préparées en se basant sur la colle Z70, qui est une colle cyanoacrylate. Le capteur peut également être installé avec d'autres colles. Il faut alors tenir compte des instructions d'utilisation des colles et adapter les instructions suivantes en conséquence.

Le tableau ci-dessous présente les principales caractéristiques et applications des colles HBK à privilégier :

Colle	Polymérisation	Température de fonctionnement	Commentaires généraux
Z70	À 20 °C : 1 min	-55 °C à 100 °C ¹⁾ -55 °C à 120 °C ²⁾	Mesures possibles au bout de 30 minutes ; Pression constante (du pouce) et humidité de l'air de 30 à 80 % nécessaires.
X60	À 20 °C : 10 min	-200 °C à 60 °C ¹⁾ -200 °C à 80 °C ²⁾	Mesures possibles au bout de 30 minutes ; Colle forte ; Ne convient pas à la flexion dynamique ; Une couche mince doit être assurée entre le capteur et la surface pendant l'installation.
X280	À 10 °C : 36h À 20 °C : 8h À 65 °C : 2h À 95 °C : 1h	-200 °C à 200 °C ¹⁾ -200 °C à 280 °C ²⁾	Recommandé pour les applications à forte tenue en fatigue.

1) Pour les mesures par rapport au zéro

2) Pour les mesures dynamiques

Préparer la colle Z70 et le petit morceau de film en polymère fluoré (retiré du capteur lors du déballage) et les placer à portée de main.

Retourner le capteur FS62PSS en utilisant l'aide à l'installation en polymère fluoré comme articulation tournante pour le capteur optique tel qu'illustré sur la *Fig. 2.10*. Mettre trois gouttes de colle Z70 sur la surface devant accueillir le capteur, sans que le flacon de Z70 ne touche la surface.



Fig. 2.10 Repli du FS62PSS et application de la colle Z70

Rabattre rapidement le capteur sur la colle. Le recouvrir du film en polymère fluoré préparé et s'en servir comme couche intermédiaire pour appuyer fermement et de manière uniforme sur le capteur pendant environ une minute. Un tampon de pression est fourni pour permettre une meilleure répartition de la pression dans cette étape.

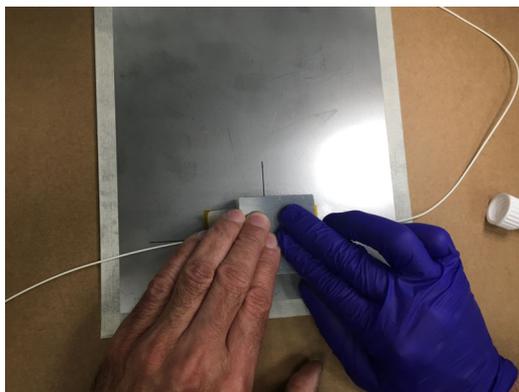


Fig. 2.11 Collage du FS62PSS et durcissement de la colle

Après le collage, et si cela est nécessaire, retirer l'excédent de colle Z70 de la surface du matériau avec un tampon de non-tissé.

La colle Z70 a besoin de dix minutes après son application pour durcir. Si la décharge de traction décrite ci-dessous a été installée, il est alors possible de retirer les bandes d'adhésif. Sinon, attendre encore dix minutes de plus environ. Retirer alors toutes les bandes d'adhésif ainsi que l'aide à l'installation. Si possible, tirer sur les bandes d'adhésif selon un angle faible près de la surface (Fig. 2.12).

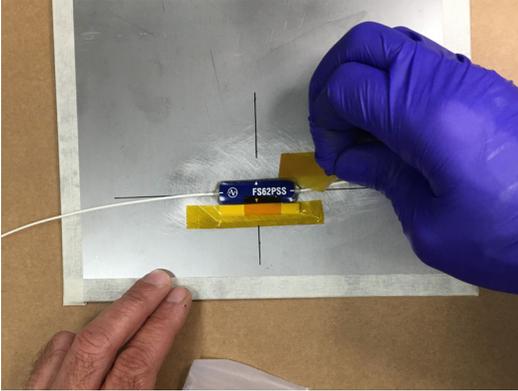


Fig. 2.12 Retrait des bandes d'adhésif

Retirer ensuite avec précaution l'aide à l'installation en polymère fluoré (Fig. 2.13).



Fig. 2.13 Retrait de l'aide à l'installation en polymère fluoré

Dans cette dernière étape, retirer tous les résidus d'adhésif éventuels restant sous l'aide à l'installation en polymère fluoré à l'aide d'un tampon de non-tissé.

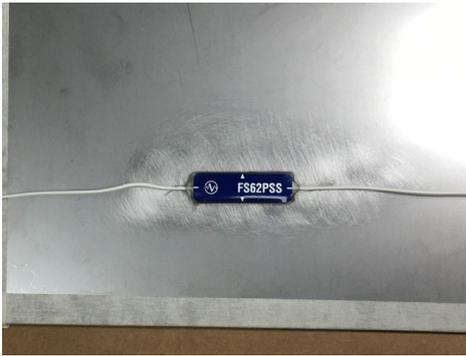


Fig. 2.14 Installation terminée de l'extensomètre optique

Tenir également compte des informations sur les temps de durcissement dans le manuel d'installation de la colle Z70.

2.3 Rosette d'extensométrie sur patch FS62PSR

2.3.1 Préparation de la surface d'installation

Pour installer la rosette d'extensométrie sur patch FS62PSR, la surface doit être propre et exempte d'irrégularités. Suivre les procédures décrites pour le FS62PSS au *paragraphe 2.2.1, page 5*.

2.3.2 Marquage du point de mesure

La rosette FS62PSR comporte trois réseaux de Bragg placés à $0^\circ/60^\circ/120^\circ$. L'alignement de chaque réseau de Bragg est mis en évidence par les guides présents à chaque coin de la rosette et définis comme directions "a", "b" et "c", tel qu'illustré sur la *Fig. 2.15*.

Commencer par dessiner la croix repère, d'une manière similaire à celle décrite au *paragraphe 2.2.2*, en prenant en compte l'un des alignements de réseaux de Bragg, par exemple "a", et sa perpendiculaire.

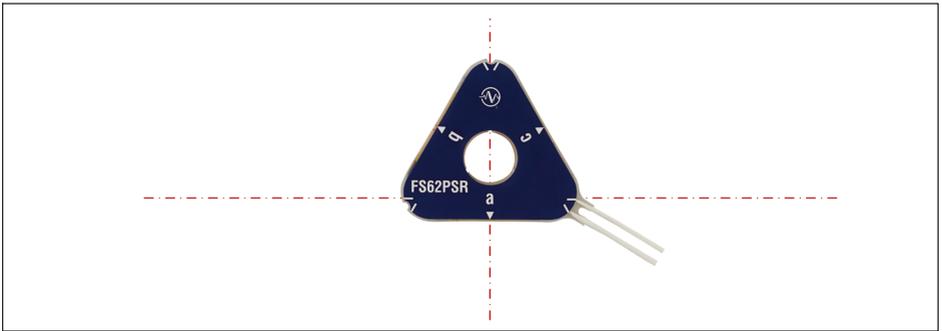


Fig. 2.15 Marquages d'alignement du capteur FS62PSR

2.3.3 Positionnement du capteur

Positionner la rosette optique sur la croix repère en utilisant l'aide à l'installation en polymère fluoré.

Aligner la direction souhaitée, par exemple "a", avec le marquage horizontal. Se reporter aux marquages d'alignement blancs figurant sur l'étiquette du capteur pour aider au positionnement. Aligner ensuite la direction perpendiculaire, par exemple entre la flèche de la direction "a" et l'intersection entre les marquages de direction "b" et "c", avec le marquage vertical.

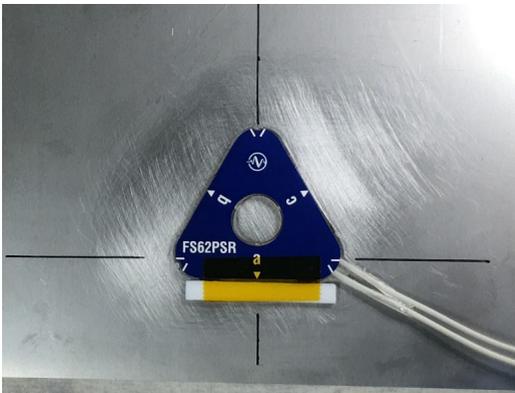


Fig. 2.16 Alignement de la rosette optique

Il est conseillé de poser un masque adhésif tout autour de la position du capteur pour éviter toute fuite de colle lors du collage de la rosette FS62PSR. Pour cela, utiliser deux bandes supplémentaires de ruban adhésif polyimide en les posant parallèlement aux bords de la rosette optique (voir Fig. 2.17).

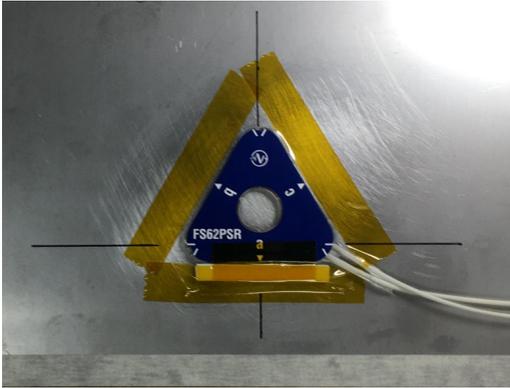


Fig. 2.17 Application d'un masque adhésif

2.3.4 Collage du capteur

Tout comme pour l'extensomètre sur patch FS62PSS, les procédures suivantes se rapportent à l'installation de la rosette d'extensométrie sur patch FS62PSR en utilisant de la colle rapide Z70. Se reporter au *paragraphe 2.2.4 "Collage du capteur"* à la page 10 pour obtenir des informations supplémentaires sur différentes colles.

Placer la colle Z70 et le morceau de film en polymère fluoré fourni à portée de main. Utiliser l'aide à l'installation en polymère fluoré comme articulation tournante pour la rosette optique et replier la rosette. Mettre 6 gouttes de colle Z70 en triangle sur le point de mesure (sous la rosette optique), sans que le flacon de Z70 ne touche la surface, voir Fig. 2.18.

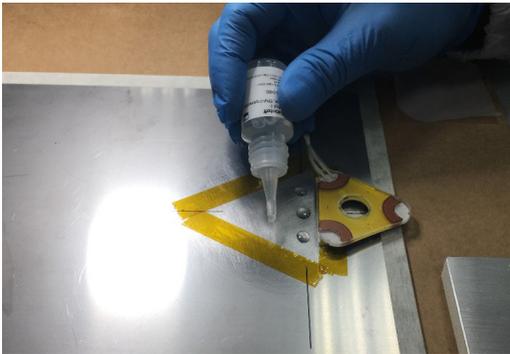


Fig. 2.18 Application de la colle

Rabattre rapidement la rosette optique sur la colle. La recouvrir du film en polymère fluoré préparé et s'en servir comme couche intermédiaire (Fig. 2.19) pour appuyer fermement et de manière uniforme sur la rosette pendant environ une minute à l'aide d'un tampon de pression.

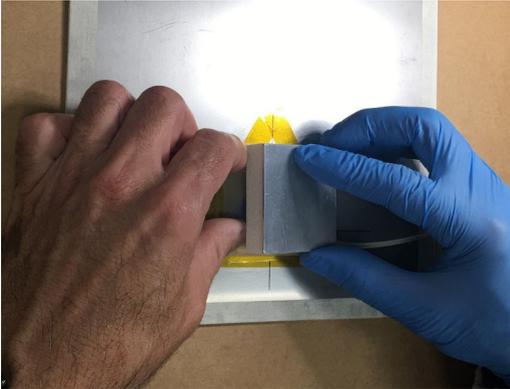


Fig. 2.19 Application du film en polymère fluoré et tampon de pression



Fig. 2.20 Pression sur la rosette pendant 1 minute

La colle Z70 a besoin de dix minutes après son application pour durcir. Retirer alors tout le ruban adhésif ainsi que l'aide à l'installation. Si possible, tirer sur le ruban adhésif selon un angle faible près de la surface.

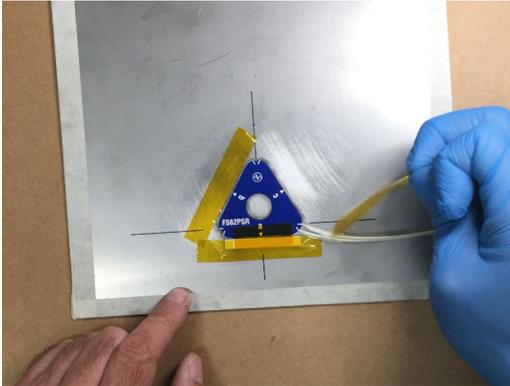


Fig. 2.21 Retrait du ruban

Retirer ensuite avec précaution l'aide à l'installation en polymère fluoré, de la manière décrite pour le FS62PSS sur la Fig. 2.13 à la page 13.

Dans cette dernière étape, retirer tous les résidus de colle éventuels restant sous l'aide à l'installation en polymère fluoré à l'aide d'un tampon de non-tissé. Tenir également compte des informations sur les temps de durcissement dans le manuel d'installation de la colle Z70.

2.4 Capteur de température de laboratoire FS63LTS

2.4.1 Préparation de la surface d'installation

Pour installer le capteur de température de laboratoire FS63LTS, la surface doit être propre et exempte d'irrégularités. Suivre les procédures décrites pour le FS62PSS au paragraphe 2.2.1, page 5.

2.4.2 Positionnement du capteur

L'orientation du FS63LTS n'est pas d'une importance capitale pour une mesure correcte de la température. Il est cependant important que le capteur soit placé à côté des extensomètres s'il est utilisé pour la compensation thermique. La compensation thermique n'est efficace que si les deux capteurs (extensomètre et capteur de température) sont à la même température.

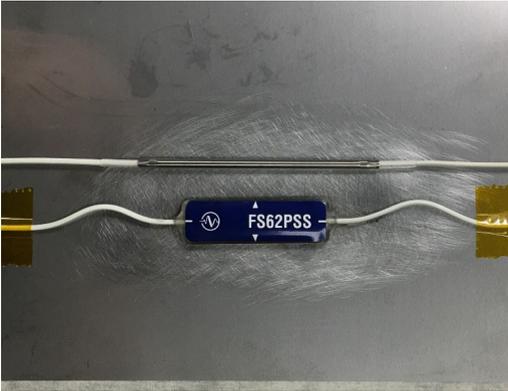


Fig. 2.22 Positionnement du capteur de température

2.4.3 Fixation du capteur

Le capteur de température doit être fixé avec n'importe quelle méthode assurant un contact thermique entre le spécimen à mesurer et le capteur. La méthode la plus simple pour fixer le capteur est de placer du ruban adhésif par dessus, par exemple du ruban adhésif polyimide (1-KLEBEBAND) ou d'utiliser les produits de protection 1-ABM75 ou 1-AK22. Le capteur peut également être collé à la surface avec une colle garantissant un bon contact thermique entre la surface et le capteur. Il faut toutefois veiller à appliquer la colle au centre du capteur pour s'assurer qu'aucune contrainte ne soit transmise au capteur.

Pour assurer la compensation thermique, placer le capteur de compensation aussi près que possible de l'extensomètre dont le signal doit être compensé.

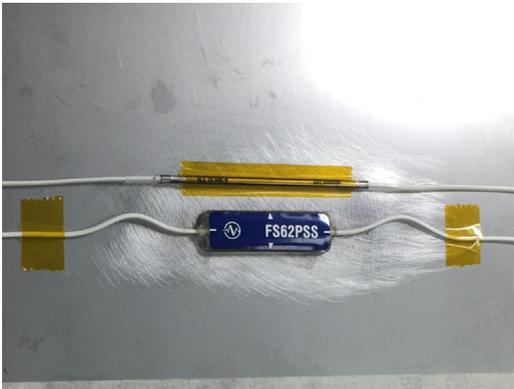


Fig. 2.23 FS63LTS fixé avec du ruban adhésif polyimide

2.5 Pose et protection des câbles

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.

Nous recommandons d'utiliser une décharge de traction pour la fibre optique (voir Fig. 2.24). Plaquer les fibres qui dépassent en leur faisant adopter des courbes douces et les fixer avec du ruban adhésif polyimide. Il est également possible d'utiliser de la colle (par exemple X60).

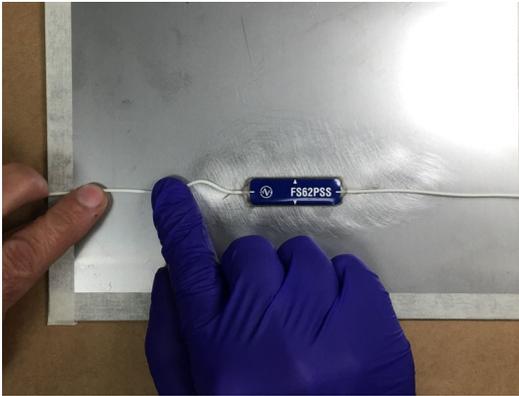


Fig. 2.24 Décharge de traction pour les fibres optiques

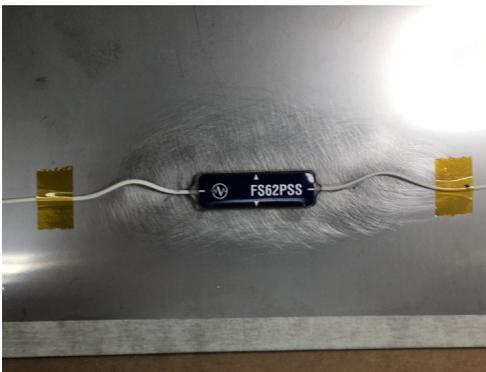


Fig. 2.25 Fixation de la décharge de traction avec du ruban

En présence de protections d'épaisseur, s'assurer que l'épaisseur est également bien fixée.

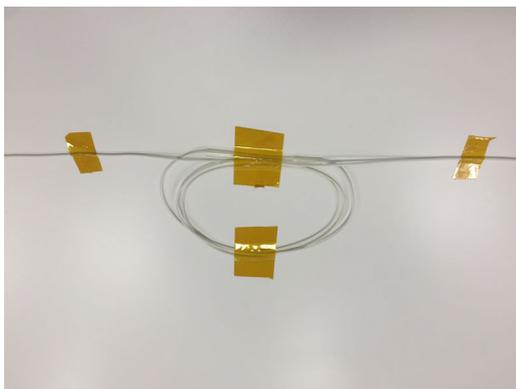


Fig. 2.26 Pose du câble à tresse

Pour les applications en extérieur, il est également conseillé de protéger les chemins de câbles contre l'humidité et les dommages mécaniques. Cela peut être réalisé en utilisant des conduits de câble ou en recouvrant les câbles sur toute leur longueur de silicone ou d'une autre pâte d'étanchéité (par exemple DP490 de 3M).



Information

Le câble à tresse est conçu pour les installations de laboratoire en milieux contrôlés. Il peut résister à une large plage de température, mais n'est pas entièrement protégé contre les dommages mécaniques. Si les capteurs sont utilisés dans des environnements difficiles, il est conseillé d'assurer une protection supplémentaire des câbles (en utilisant des tubes en plastique, des conduits ou en recouvrant les câbles d'un matériau protecteur).

2.6 Protection des capteurs

Les capteurs FS62PSS, FS62PSR et FS63LTS sont des capteurs conçus pour des applications en laboratoire. Ils peuvent néanmoins être utilisés dans d'autres environnements s'ils sont correctement protégés.

Les capteurs doivent être protégés contre les effets de l'humidité au moyen des produits de protection AK22 et ABM75.

Recouvrir tout d'abord généreusement tous les résidus de colle (Z70 dans ce cas) de mastic de recouvrement. Presser avec précaution le mastic vers le capteur, de tous les côtés (Fig. 2.27).

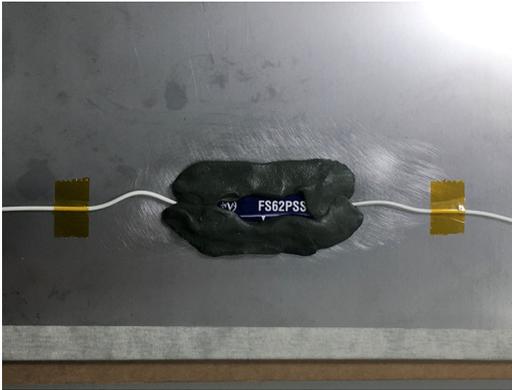


Fig. 2.27 Recouvrement des bords du capteur avec l'AK22

Toujours ajouter de l'AK22 sous les câbles pour garantir un recouvrement complet. Cela doit être effectué à côté du capteur, mais aussi au niveau de l'interface avec les couches de protection restantes (Fig. 2.28).

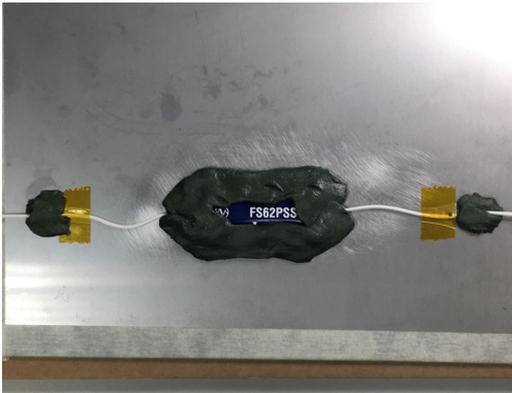


Fig. 2.28

Découper un morceau de la feuille de recouvrement ABM75 (Fig. 2.29) suffisamment grand pour couvrir toute la zone du ou des capteur(s) (un seul capteur ou plusieurs capteurs rapprochés, par ex. un FS62PSS et un FS63LTS pour la compensation thermique) et placer ce morceau sur le ou les capteur(s).

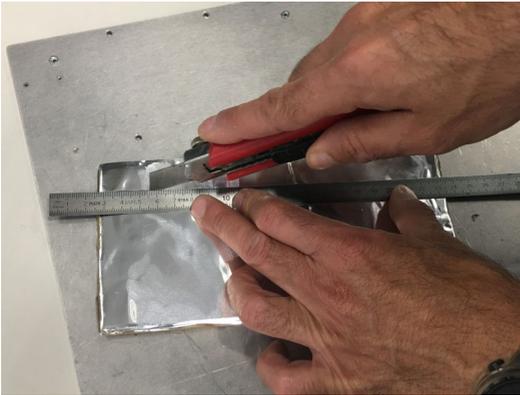


Fig. 2.29 Découpe de l'ABM75 aux dimensions de la zone du ou des capteur(s)

Presser la feuille de recouvrement sur ses bords avec un élément rigide pour la plaquer contre la surface du spécimen.

Note

Veiller particulièrement à ne pas appliquer cette pression sur la zone du câble car cela pourrait endommager les fibres et compromettre les indications du capteur. L'étanchéification au niveau de la zone du câble doit être assurée à la main (avec les doigts).

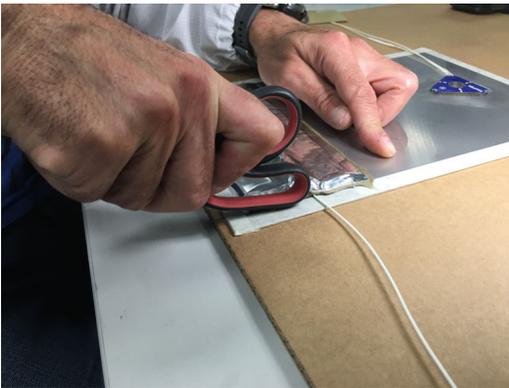


Fig. 2.30 Application de la feuille de recouvrement ABM75



Fig. 2.31 Point de mesure entièrement recouvert

3 CONFIGURATION DU CAPTEUR

3.1 Documentation relative aux capteurs

Les capteurs HBK FiberSensing étalonnés sont fournis avec un certificat d'étalonnage. Les autres capteurs sont fournis avec une fiche de caractéristiques contenant des informations importantes pour la configuration du capteur.

Si les capteurs sont fournis en réseaux de capteurs pré-assemblés, un tableau récapitulatif contenant les informations d'étalonnage pertinentes est fourni.

La présente notice de montage est fournie en version papier dans l'emballage du capteur. La notice de montage peut également être téléchargée sur le site Internet de HBK (www.hbm.com).

3.2 Calcul à partir des mesures

3.2.1 Température

Les calculs à réaliser pour convertir une mesure de longueur d'onde en température sont indiqués sur la *Fig. 3.1*. La valeur de température mesurée par un capteur de température est donnée par une équation polynômiale de second ordre dont les coefficients sont obtenus à partir de l'étalonnage du capteur.

$$T = S_2(\lambda - \lambda_0)^2 + S_1(\lambda - \lambda_0) + S_0$$

Fig. 3.1 Formule de calcul de la température

Où

- T est la température mesurée en °C
- λ est la longueur d'onde de Bragg mesurée du capteur de température en nm
- λ_0 est la longueur d'onde de Bragg du capteur de température à la température de référence en nm
- S_0 est la constante d'étalonnage d'ordre zéro (température de référence) en °C
- S_1 est la constante d'étalonnage de premier ordre en °C/nm
- S_2 est la constante d'étalonnage de second ordre en °C/nm²

Avec catman®, les valeurs λ_0 , S_0 , S_1 et S_2 doivent être saisies dans le menu de configuration des capteurs de température.

3.2.2 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. 3.2.

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

Fig. 3.2 Variation de la longueur d'onde d'un extensomètre optique 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 au coefficient de dilatation du matériau du spécimen sur lequel l'extensomètre est fixé en $(\mu\text{m}/\text{m})/^\circ\text{C}$
- $T - T_0$ est la différence entre la température réelle et la température à l'instant de référence 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. 3.3.

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

Fig. 3.3 Formule simple de calcul de 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. 3.4.

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

Fig. 3.4 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 au coefficient de dilatation du matériau du spécimen sur lequel l'extensomètre est fixé en $(\mu\text{m}/\text{m})/^{\circ}\text{C}$
- T est la température réelle mesurée par le capteur de température utilisé pour la compensation en $^{\circ}\text{C}$
- T_0 est la température mesurée par le capteur de température utilisé pour la compensation à l'instant de référence en $^{\circ}\text{C}$

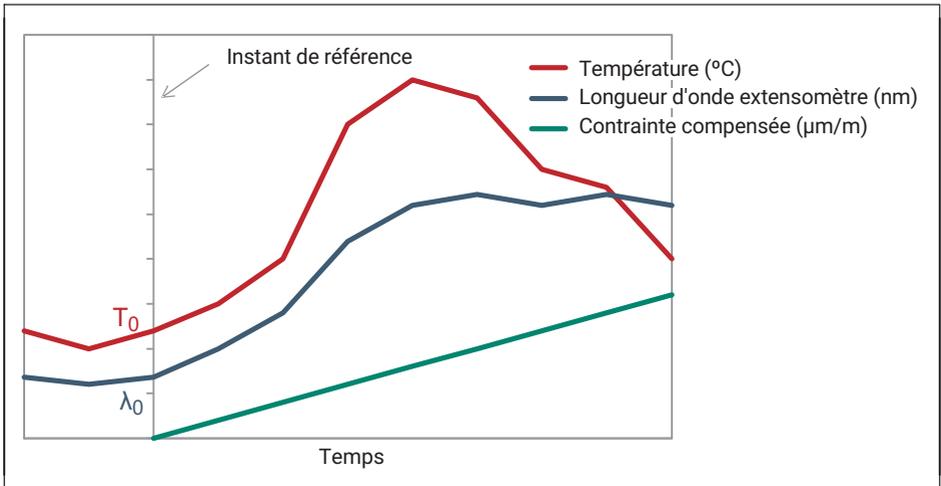


Fig. 3.5 Instant de référence pour la mesure de contrainte avec compensation thermique en cas d'utilisation d'un capteur de température pour la compensation

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. 3.6.

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

Fig. 3.6 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 au coefficient de dilatation 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, cette 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. 3.7.

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

Fig. 3.7 Calcul du facteur de compensation thermique

Où

- k est le facteur d'intensité de contrainte k de l'extensomètre fixé à l'élément de compensation thermique (sans dimension)
- CTE_{TC} correspond au coefficient de dilatation du matériau de l'élément de compensation thermique en $(\mu\text{m}/\text{m})/^\circ\text{C}$

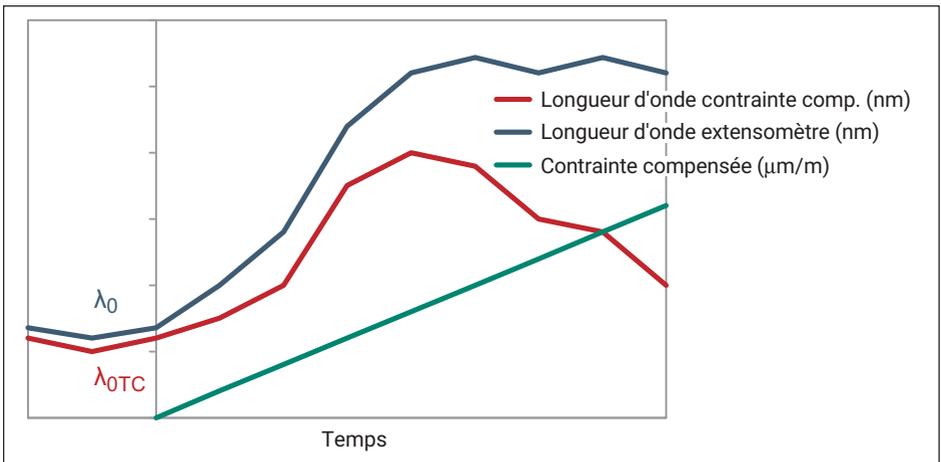


Fig. 3.8 Instant de référence pour la mesure de contrainte avec compensation thermique en cas d'utilisation d'un élément de compensation à réseau de Bragg

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.

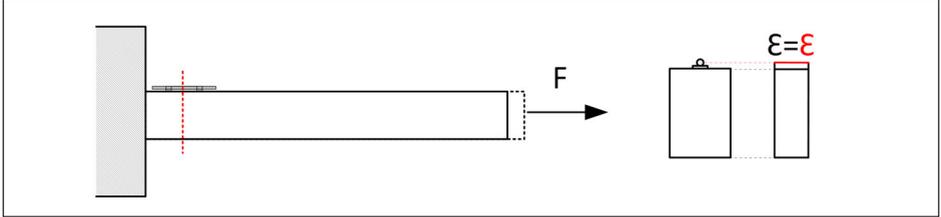


Fig. 3.9 Conainte en présence uniquement d'une déformation axiale

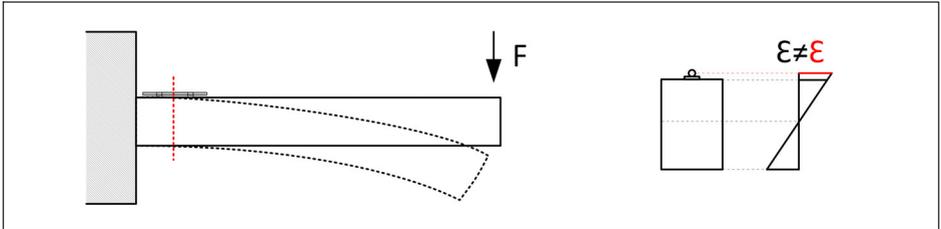


Fig. 3.10 Conainte en présence uniquement d'un moment de flexion

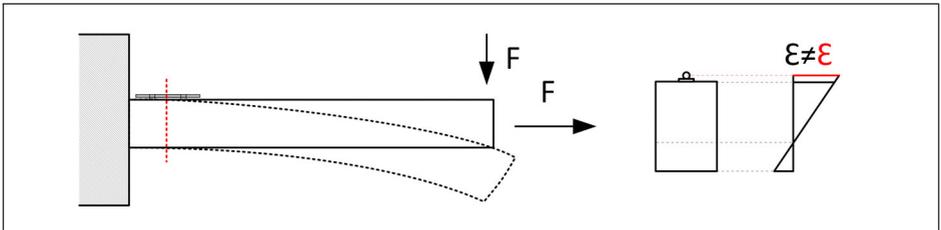


Fig. 3.11 Conainte en cas de charge axiale et de moment de flexion

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 0,25 mm (h_2 sur la Fig. 3.11) pour l'extensomètre sur patch FS62PSS et pour la rosette d'extensométrie sur patch FS62PSR.

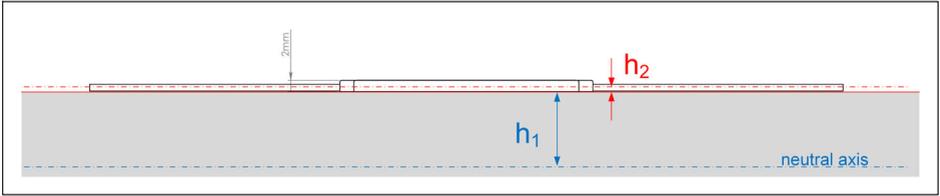


Fig. 3.12 Distance entre le réseau de Bragg et la surface de montage sur le FS62PSS

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. 3.13 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 (0,25 mm pour le FS62PSS et la rosette FS62PSR)

Contraintes de mesure principales

Les contraintes principales pour la rosette d'extensométrie sur patch FS62PSR peuvent être calculées selon l'équation suivante :

$$\sigma_{1/2} = \frac{E}{1 - \nu^2} \cdot \frac{\varepsilon_a + \varepsilon_b + \varepsilon_c}{3} \pm \frac{E}{1 + \nu} \sqrt{\left(\frac{2\varepsilon_a - \varepsilon_b - \varepsilon_c}{3}\right)^2 + \frac{1}{3} \cdot (\varepsilon_b - \varepsilon_c)^2}$$

Où :

- $\sigma_{1/2}$ sont les contraintes principales, en MPa
- E est le module de Young, en GPa
- ν est le coefficient de Poisson (sans dimension)
- $\varepsilon_{a/b/c}$ sont les contraintes mesurées par la rosette dans les trois directions, en $\mu\text{m/m}$

Les directions principales sont les directions dans lesquelles les contraintes principales σ_1 et σ_2 apparaissent conformément au calcul effectué à l'aide de l'équation ci-dessus. Les directions des contraintes principales sont définies par l'angle φ qui se réfère aux directions de mesure de la rosette, qui peuvent être déterminées à l'aide de relations géométriques à partir des contraintes ε_a , ε_b et ε_c mesurées à l'aide de la rosette.

Le but du traitement suivant est de fournir à l'ingénieur une méthode pratique et fiable. Les aspects théoriques du cercle de Mohr, qui constitue la base de ce traitement, sont décrits dans la littérature générale.

Il s'agit tout d'abord de calculer une tangente d'un angle auxiliaire ψ :

$$\tan \psi = \frac{\sqrt{3} \cdot (\varepsilon_b - \varepsilon_c)}{2\varepsilon_a - \varepsilon_b - \varepsilon_c}$$

En considérant les signaux du numérateur et du dénominateur, l'angle φ doit être déterminé selon le schéma suivant :

		Numérateur $\sqrt{3} \cdot (\varepsilon_b - \varepsilon_c)$	
		Négatif	Positif
Dénominateur $2\varepsilon_a - \varepsilon_b - \varepsilon_c$	Positif	$\varphi = \frac{1}{2} \cdot (180^\circ - \psi)$	$\varphi = \frac{1}{2} \cdot (0^\circ + \psi)$
	Négatif	$\varphi = \frac{1}{2} \cdot (180^\circ + \psi)$	$\varphi = \frac{1}{2} \cdot (360^\circ - \psi)$

L'angle φ déterminé de cette manière doit être appliqué à partir de l'axe de la position de mesure de référence dans la direction qui est positive mathématiquement (sens anti-horaire). L'axe de la direction de mesure "a" représente un côté de l'angle φ . L'autre côté correspond à la première direction principale. Il s'agit de la direction de la contrainte principale σ_1 (identique à la direction de la contrainte principale ε_1). L'extrémité de l'angle se situe à l'intersection entre les axes perpendiculaires aux directions de mesure. La seconde direction principale (direction de la contrainte principale σ_2) présente l'angle $\varphi + 90^\circ$.

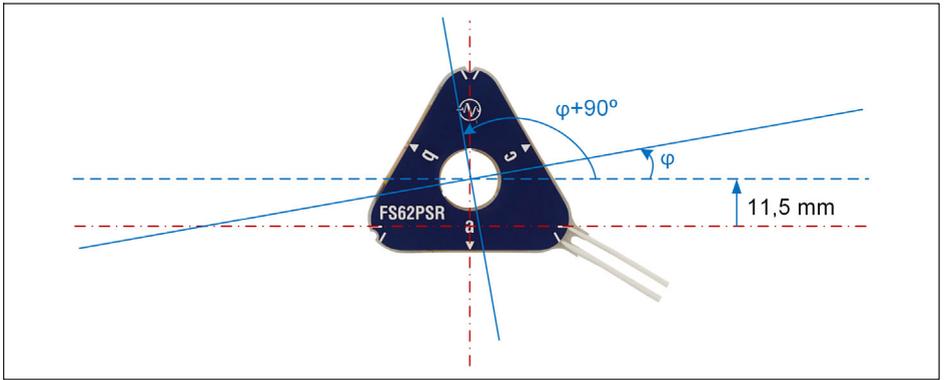


Fig. 3.14 Directions des contraintes principales

