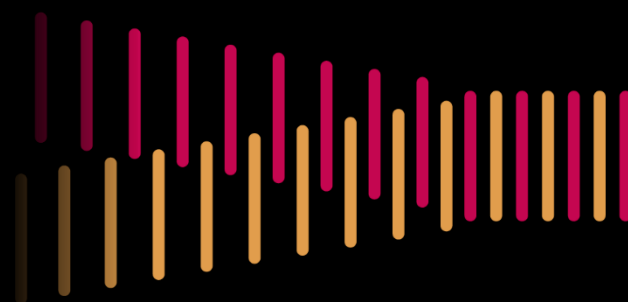




NEXTHERM

S E N S I N G

High Flux. High Value.

Manuel Utilisateur

Capteur de flux thermique

Série GHF

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

Liste des symboles	4
Introduction	5
Calibration.....	7
1. Vérification à la livraison.....	8
1.1 Contenu du colis	8
1.2 Vérification rapide de l'instrumentation	8
2. Spécifications	9
3. Installation	12
3.1 Durée de mesure conseillée	13
3.2 Connexion électrique & considérations métrologiques	13

Liste des symboles

S	Sensibilité [mV par kW/m ²]
T	Température [°C]
U	Tension, ou force électromotrice [mV]
Φ	Densité de flux thermique [kW/m ²]

Introduction

Ce document constitue le mode opératoire des capteurs de la Série GHF (*Gradient Heat Flux*). Ce type de capteur permet une mesure de densité flux thermique élevées ($> \text{kW/m}^2$) à très élevées ($> \text{MW/m}^2$) sur une durée limitée, avec accumulation d'énergie dans le corps du capteur (non refroidi).

Les capteurs GHF reposent sur une conception unique développée par Nextherm Sensing, basée sur une mesure différentielle de température dans un élément calorimétrique. Sous l'effet d'un flux externe, un gradient thermique s'installe dans l'élément calorimétrique. Ce gradient est proportionnel au flux appliqué.

L'élément sensible est doté d'un circuit électrique qui renvoie une tension (force électromotrice) générée par l'effet thermoélectrique (effet Seebeck) du montage interne, dont l'architecture est originale et sans équivalent sur le marché. Ce signal est proportionnel (linéarité) à la densité de flux thermique reçue.

Dotés d'un élément sensible conçu en alliage de cuivre à haute conductivité thermique, nos capteurs possèdent un corps entièrement en inox, robuste et capable d'endurer les expositions aux conditions les plus agressives.

Les fluxmètres GHF sont disponibles en trois versions, selon la composante de flux recherchée : flux total, flux convectif ou flux radiatif. Dans ce dernier cas, une fenêtre en saphir (d'autres type de verre en option) permet de neutraliser la composante convective potentielle. En flux radiatif et total, un traitement de surface à très haute absorptivité est réalisé sur la face sensible. En flux convectif, le traitement de surface est au contraire à très grande réflectivité, de manière à rejeter le plus de rayonnement incident possible. Nextherm Sensing a mené des travaux de Recherche approfondis pour sélectionner et évaluer les meilleurs traitements (performances et durabilité).

En option, les capteurs GHF intègrent un thermocouple de contrôle type K, de manière à surveiller la température de la surface sensible.

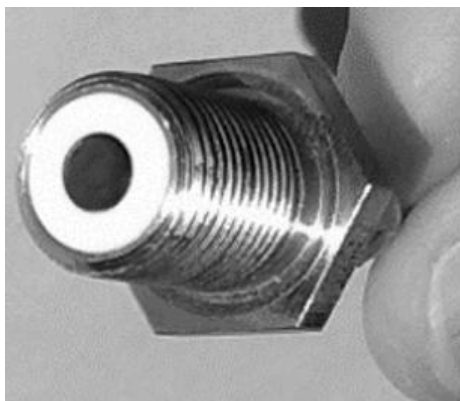


Fig.1 Exemple de capteur de la Série GHF : fluxmètre total avec interface mécanique vissée

La mise en œuvre des fluxmètres GHF est très simple : il suffit de brancher le câblage du capteur sur un lecteur de tension. La densité de flux est alors déduite en temps réel de la mesure électrique.

Selon votre application, plusieurs interfaces mécaniques sont disponibles en offre standard. Il est également possible de réaliser une interface sur-mesure pour vos besoins particuliers. En standard, les interfaces sont soit à bride (référence M1), soit à filetage (référence M2) comme illustré sur les plans suivants :

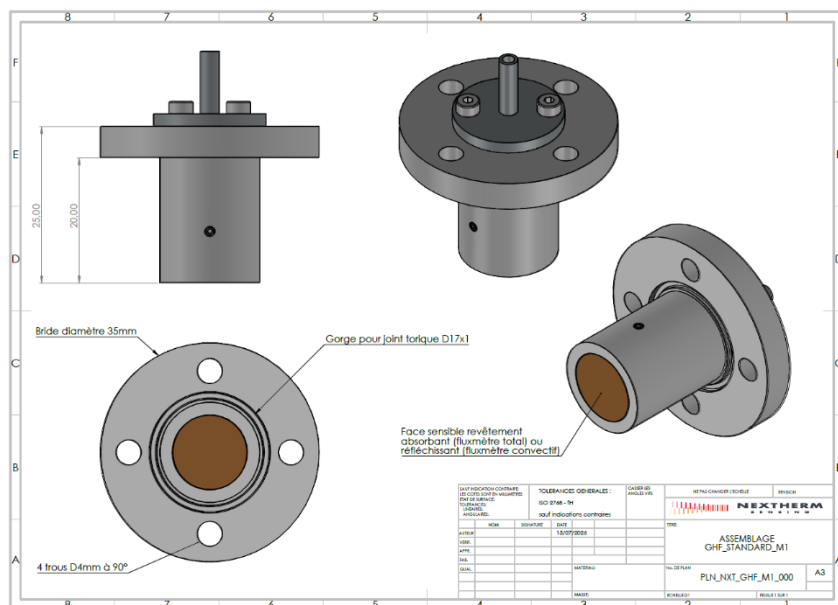


Fig.3 Fluxmètre GHF en interface mécanique à bride 4 trous à 90° (référence M1). La répartition des trous diffère de celle du capteur de gamme CHF (refroidi, 3 trous à 120°) pour éviter intersion et endommagement.

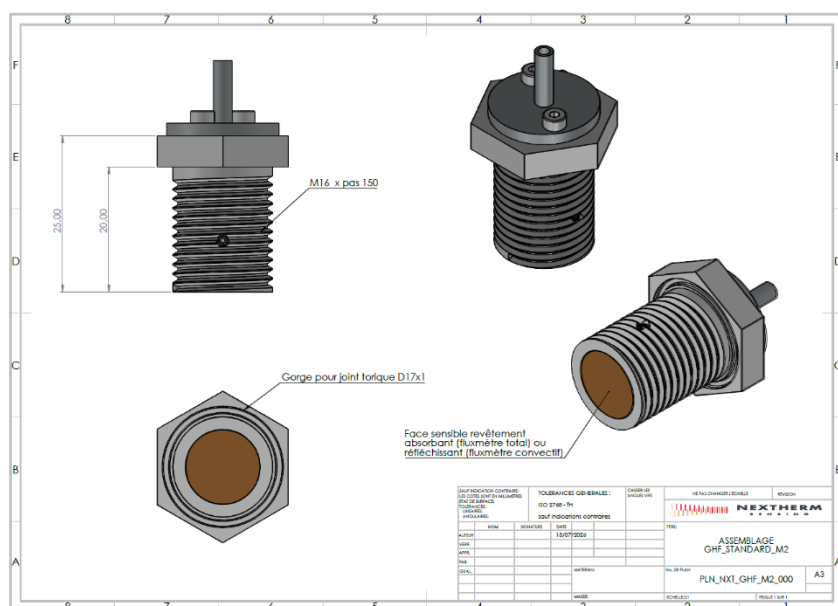


Fig.4 Fluxmètre GHF en interface mécanique à filetage M16 (référence M2)

Calibration

Les fluxmètres de la Série GHF sont étalonnés sur banc laser de haute puissance. Cette méthode unique sur le marché, développée par Nextherm Sensing, apporte de nombreux avantages par rapport à l'approche standard sur corps noir :

- Très large gamme de densité de flux applicable (de quelques kW/m² à plusieurs MW/m²)
- Caractérisation des cyclages thermiques
- Détermination du temps de réponse (contrôle du temps d'exposition)
- Rapidité de mise en œuvre (pas de phase de chauffe)
- Précision et contrôle de la puissance appliquée
- Homogénéité et stabilité de la source

Contrairement à la concurrence, Nextherm Sensing ne réalise pas de calibration par comparaison à un capteur de référence secondaire, lui-même étalonné par comparaison à un capteur de référence primaire. Ceci est source de biais cumulés. En outre, nous réalisons plusieurs paliers de puissance pour affiner la loi d'étalonnage, avec la possibilité de couverture de la pleine échelle du capteur.

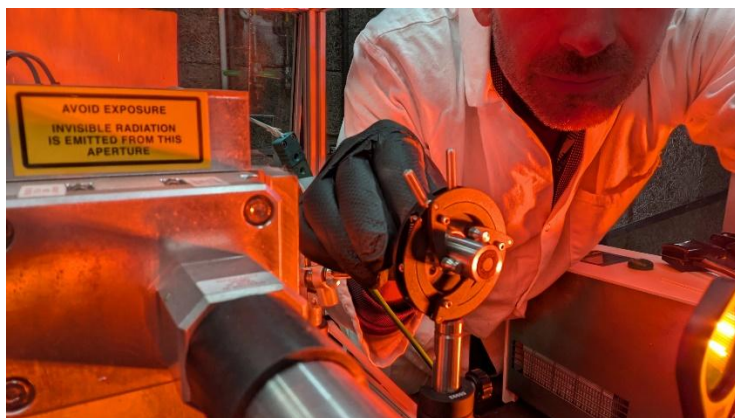


Fig.4 La calibration sur banc laser est une approche unique développée par Nextherm Sensing

La calibration de chaque capteur est réalisée sur la gamme de densité de flux commandée par le client, suivant un protocole interne. Sur demande, il est possible de réaliser un étalonnage accrédité Cofrac auprès du Laboratoire National d'Etalonnage (LNE).

Nextherm Sensing recommande une calibration périodique annuelle. A cette occasion, l'état général du capteur (dont la surface sensible) est vérifié et, le cas échéant, une remise en état est proposée.

1. Vérification à la livraison

1.1 Contenu du colis

Dès réception de votre fluxmètre GF, veuillez vérifier que :

- Le capteur est doté d'un capuchon de protection afin de préserver la surface sensible de toute dégradation au transport ou à la manipulation
- Le câblage est intact et doté de son connecteur à fiches plates
- L'étiquette fixée sur le câblage est présente et comporte le même numéro de série que celui gravé sur la face arrière du capteur
- Le certificat d'étalonnage est joint au capteur et au présent mode opératoire dans votre colis

1.2 Vérification rapide de l'instrumentation

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

1. Vérifiez la continuité électrique du câblage (bip) de sortie du signal de « flux »
2. Vérifier (si option présente sur votre modèle) la continuité électrique du câblage (bip) de sortie du signal du thermocouple de contrôle
3. Otez le capuchon de protection du capteur et inspectez l'aspect de la surface sensible. Elle doit être uniforme et propre, sans traces ni rayures
4. Si le capteur est un modèle radiatif doté d'un hublot, observez sa propreté. Le cas échéant, nettoyez-le délicatement à sec à l'aide d'un tissu qualité optique sans fibres
5. Vérifiez qu'en l'absence de flux appliqué sur la surface sensible, la tension (f.e.m) renvoyée par le capteur est nulle
6. Testez si le capteur réagit conformément à une excitation en l'exposant brièvement (quelques secondes maximum) à une source thermique (ex : décapeur thermique). La réponse doit se manifester par une élévation (positive) du signal de tension ou de température

2. Spécifications

Les capteurs de la Série GHF mesurent une densité de flux collectée par une surface sensible, mesurée en W/m², kW/m² ou MW/m² (les certificats d'étalonnages sont fournis en kW/m²).

Nos fluxmètres sont passifs (ils ne requièrent pas d'alimentation électrique) et ont été miniaturisés autant que faire se peut pour être les moins intrusifs possibles et minimiser la perturbation de la source thermique elle-même. Ils peuvent en outre être plus facilement intégrés à des systèmes tels que des moteurs, réacteurs, lignes industrielles, ... contrairement aux produits concurrents plus volumineux.

Chez Nextherm Sensing, le choix de la gamme de flux est très simple, car nous pouvons couvrir un large panel de besoins (du kW/m² au MW/m²) avec seulement quelques modèles.

Les capteurs GHF sont dimensionnés pour fonctionner sur une durée limitée, liée à la capacité thermique maximale du capteur (énergie qui pouvant être stocké dans le capteur dans une installation considéré comme parfaitement adiabatique).

Tab.1 Liste des spécifications des fluxmètres de la Série GHF

Spécifications Série GHF	
Type de capteur	Fluxmètre non refroidi (total, convectif ou radiatif)
Grandeur mesurée	Densité de flux thermique [W/m ²] Option : température de contrôle face avant [°C]
Mesurande	Tension (force électromotrice) [mV]
Technologie	Fluxmètre à gradient de température
Plage de mesure nominale	Quatre gammes disponibles : 250 kW/m ² , 500 kW/m ² , 1 000 kW/m ² (= 1 MW/m ²) et 5 000 kW/m ² (= 5 MW/m ²)
Limite de plage de mesure	+150% de la plage de mesure nominale
Diamètre de surface sensible	6 mm (4mm pour GHF_5M)
Signal de sortie	Tension (mV)
Sensibilité typique	• Gamme 250 kW/m² : >20 µV par kW/m² • Gamme 500 kW/m² : >10 µV par kW/m² • Gamme 1 000 kW/m² : >6 µV par kW/m² • Gamme 5 000 kW/m² : >1 µV par kW/m²
Loi de conversion	$\Phi(t) = \frac{U(t)}{S}$
Lecture requise	• 1 x voie de tension pour le flux

	Option : 1 x voie thermocouple (type K) pour température de contrôle
Plage de température opérationnelle	-30 to +500 °C (capteur, surface sensible) -30 to +250 °C (corps inox) -30 to +250 °C (câble et connecteur)
Utilisation sous vide	Utilisable en vide en vide primaire ($\sim 10^{-3}$ bar) et secondaire ($\sim 10^{-6}$ bar). Le capteur peut toutefois être sujet à dégazage
Utilisation sous pression	Pression maximale en opération : 30 bar abs (limitée à 10 bar abs pour la gamme 250 kW/m ²)
Non-linéarité	Mesurée par calibration pleine échelle : <2%
Emissivité de la surface sensible	- Flux total et radiatif : $\epsilon > 0.90^*$ - Flux convectif : $\epsilon < 0.05$ * <i>Courbe d'émissivité spectrale fournie</i>
Angle de vue	- Flux total et convectif : 180° (sans hublot) - Flux radiatif : 120° (avec hublot)
Temps de réponse	<200ms (mesuré par stimulation laser)
Résistance typique du capteur	<500 Ω . N'influence pas le signal dans des conditions d'acquisition standard à haute impédance d'entrée.
Puissance requise	0 W (capteur passif)
Longueur de câble standard	1m00
Finition câble standard	Gaine tressée soie de verre doublée silicone haute température
Marquage capteur	Numéro de série sur étiquette au niveau du câblage + gravure sur capteur
Masse du capteur	<0.2 kg câble standard compris
Refroidissement	
Méthode de refroidissement	Capteur non refroidi. Durée d'exposition limitée.
Capacité thermique du capteur	Environ 1350 Joule en conditions de montage adiabatique
Durée de mesure maximale conseillée (jusqu'à atteinte de 400°C en face avant)	- Gamme 250 kW/m² : 60 s - Gamme 500 kW/m² : 30 s - Gamme 1 000 kW/m² : 20 s - Gamme 5 000 kW/m² : 5 s
Température maximale en face avant	La température de contrôle doit être surveillée et maintenue en dessous de 400 °C.
Utilisation	
Usages recommandés	Essais de réaction au feu : inflammabilité des produits de construction sous source de chaleur rayonnante, propagation de la flamme, dégagement de chaleur, production de fumée, taux de perte de

	masse, essai en chambre réelle pour les produits de surface, essai sur modèle réduit • Essais de réaction au feu des façades – échelle intermédiaire et grande échelle • Essais de réaction au feu des revêtements de sol - Détermination du comportement au feu à l'aide d'une source de chaleur rayonnante • Méthode d'essai pour déterminer la résistance à la pénétration de la flamme des revêtements de compartiments de chargement • Méthode d'essai normalisée pour l'essai d'ablation oxyacétylénique des matériaux d'isolation thermique • Essais sur bancs en combustion (turbomachines, moteurs-fusées, réacteurs hydrogène...) • Energies vertes (concentrateurs solaires, ...)
Installation Conditions d'utilisation typique	Recherche académique, R&D et industrie Systèmes exposés à des flux thermiques élevés pendant de courtes périodes Connecté à un équipement d'acquisition de données fourni par l'utilisateur. Inspection régulière de la surface, du corps du capteur et du câblage Surveillance continue de la température du capteur. Aucune exigence particulière en matière d'immunité, d'émission ou de résistance chimique.
Réfection de la surface sensible	Il est possible de remettre en état le traitement de surface si celui-ci est altéré. On recommande un nouvel étalonnage.
Calibration	
Certificat de calibration	Fourni avec chaque capteur
Méthode de calibration	Calibration sur banc laser selon procédure interne. Minimum 3 paliers de puissance répartis sur la gamme d'étalonnage.
Accréditation d'étalonnage	Nextherm Sensing n'est pas accrédité. Possibilité d'étalonnage certifié auprès du LNE
Incertitude d'étalonnage	<5% (k=2)

Périodicité d'étalonnage	Minimum : annuelle (pas d'altération de la calibration durant le stockage prolongé) Recommandée : après chaque campagne de mesure
Précision de mesure	
Incertitudes de mesures	Les déclarations concernant l'incertitude de mesure globale ne peuvent être faites qu'au cas par cas.
Versions & Options	
Plage de mesure	250, 500, 1 000 et 5 000 kW/m ² . Plus sur demande.
Option flux radiatif	Hublot saphir épaisseur 1mm sans traitement anti-reflet. Transmittivité 85% sur la plage [0.2-4.2] µm
Option connecteur TC vers BNC	Convertisseur fiches plates vers coaxial (BNC)

3. Installation

On fournit ici quelques recommandations en vue d'une installation optimale du fluxmètre GHF.

Tab.2 Liste des recommandations d'installation des fluxmètres de la Série GHF

Mise en œuvre selon standards/normes	Si les essais doivent être menés en accord avec un standard / une norme, s'y référer et adapter les procédures en conséquence
Orientation du capteur	Le capteur est fonctionnel quelle que soit son orientation dans l'espace
Capuchon de protection	Veiller à placer le capuchon de protection sur le capteur en dehors de toute phase de mesure, afin de limiter les risques de dégradation de sa surface sensible
Durée de mesure	Le modèle GHF n'étant pas refroidi, il ne peut être exposé à un flux thermique que sur une durée finie (se référer au chapitre dédié à la durée de mesure).
Connexion électrique	Le signal de sortie du fluxmètre (et en option du thermocouple de contrôle) est une tension de faible valeur (<100mV). Aucune alimentation électrique n'est requise. Connecter le(s) câble(s) à un système d'acquisition de données (DAQ). Se référer au chapitre dédié à la connexion électrique

Gestion du signal	Se référer au chapitre dédié à la connexion électrique
Montage mécanique	Selon la version (M1 ou M2), le capteur peut être fixé par le moyen de quatre vis à 90° (montage bridé, référence M1) ou en le vissant sur un support taraudé (montage fileté M16 au pas de 150, référence M2)
Protection thermique	Protéger autant que faire se peut le corps du capteur et le câblage pour limiter les dégradations mais aussi les effets thermiques parasites

3.1 Durée de mesure conseillée

Les capteurs de la Série GHF ne sont pas refroidis. Ils emmagasinent donc une grande partie de la puissance thermique absorbée en face avant (une partie de cette puissance est évacuée au travers du corps du capteur et de la structure sur laquelle il est éventuellement monté). Pour cette raison, les fluxmètres GHF doivent être exposés au stimulus thermique pendant une durée finie, qui dépend de leur pleine échelle de mesure.

Il est recommandé, si le capteur en est doté (option), de surveiller la température de contrôle et de la maintenir en-dessous de 400°C.

En l'absence de température de contrôle, il est conseillé de respecter les durées d'exposition suivantes :

Gamme de mesure	Durée d'exposition conseillée
GGF-250	60 secondes
GHF-500	30 secondes
GHF-1000	20 secondes
GHF-5000	5 secondes

Ces durées sont données à titre indicatif et sont des valeurs conservatives « pire cas » obtenues en considérant le capteur comme parfaitement adiabatique. Elles peuvent être significativement augmentées selon votre configuration expérimentale (ex : corps de capteur soumis à convection ou capteur monté sur un support conducteur).

3.2 Connexion électrique & considérations métrologiques

Le signal de sortie du capteur est une force électromotrice (tension de quelques dizaines de millivolts maximum) issue d'un montage thermoélectrique. La mesure est effectuée par branchement sur un enregistreur de tension de gamme +/-10V maximum en résolution 16 ou 24 bits.

On donne ci-après les valeurs de résolution de mesure accessible (en dehors de toute considération sur la qualité de la ligne de mesure de l'utilisateur en termes de rapport signal sur bruit) pour les différentes gammes de capteurs GHF, selon que le système d'acquisition est en 16 bits ou 24 bits :

Gamme de mesure	Flux minimum accessible	
	En 16 bits	En 24 bits
GHF-250	13 kW/m ²	0,05 kW/m ²
GHF-500	23 kW/m ²	0,09 kW/m ²
GHF-1000	46 kW/m ²	0,18 kW/m ²
GHF-5000	339 kW/m ²	1,32 kW/m ²

Résolution DAQ 16 bits	0,305 mV	(gamme +/-10V)
Résolution DAQ 24 bits	1,19 µV	

Ces valeurs intrinsèques sont retrouvées lors des calibrations réalisées chez Nextherm Sensing grâce à la mise en œuvre d'une chaîne d'acquisition complète (câblage, connecteurs et système d'acquisition) optimisée.

Il est primordial, lors de la mise en œuvre des fluxmètres Nextherm Sensing, que votre environnement métrologique respecte au maximum les bonnes pratiques :

- **Réduire le bruit de mesure** : limiter au strict besoin la longueur du câblage, effectuer une acquisition différentielle si possible, vérifier la propreté des connecteurs, utiliser des câbles avec blindage tressé et éviter les boucles de masse ;
- **Utiliser toute la dynamique de l'acquisition** : opter pour une gamme de mesure proche du niveau de signal attendu (ex : +/-1V pour du 10mV) ;
- **Optimiser la fréquence d'acquisition** : échantillonner beaucoup plus vite que nécessaire augmente souvent le bruit de mesure ;
- **Limiter les perturbations mécaniques** : vibrations, contraintes sur les câbles, micro-déplacements ou mauvais montage peuvent produire des signaux comparables en niveau au signal recherché ;
- **Gérer correctement le zéro** : après stabilisation du système (capteur en place sur votre installation, environnement thermique au repos), effectuer un zéro sur la voie de tension juste avant la mesure et vérifier le niveau de bruit « à blanc ».

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 GHF
Type de produit : capteur de flux thermique non refroidi
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