NEXTHERM

SENSING

High Flux. High Value.

Manuel Utilisateur

Capteur de flux thermique refroidi

Série CHF

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.

Mettre en œuvre un capteur sans refroidissement actif peut causer 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 8
1. Vérification à la livraison 9
1.1 Contenu du colis 9
1.2 Vérification rapide de l'instrumentation 9
2. Spécifications 10
3. Installation 14
3.1 Refroidissement liquide 15
3.2 Connexion électrique & considérations métrologiques 16
4. Compensation du rayonnement de surface 18

Liste des symboles

S	Sensibilité [mV par kW/m²]
T	Température [°C]
U	Tension, ou force électromotrice [mV]
Φ	Densité de flux thermique [kW/m²]

Introduction

Ce document constitue le mode opératoire des capteurs de la Série CHF (*Cooled Heat Flux*). Ce type de capteur permet une mesure de flux thermique en continu grâce à un corps refroidi. Le refroidissement liquide peut être réalisé à eau perdue ou par une boucle thermostatique.

Les capteurs CHF 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 quel que soit les paramètres de refroidissement du capteur (débit et température du liquide).

L'élément sensible est doté d'un circuit électrique qui renvoie une tension (force électromotrice) généré 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. La gamme de mesure des fluxmètre CHF s'étend des « bas flux » (quelques kW/m²) jusqu'au flux extrêmes (plusieurs MW/m²).

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

Les fluxmètres CHF 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 CHF intègrent un thermocouple de contrôle type K, de manière à surveiller la température de la surface sensible.

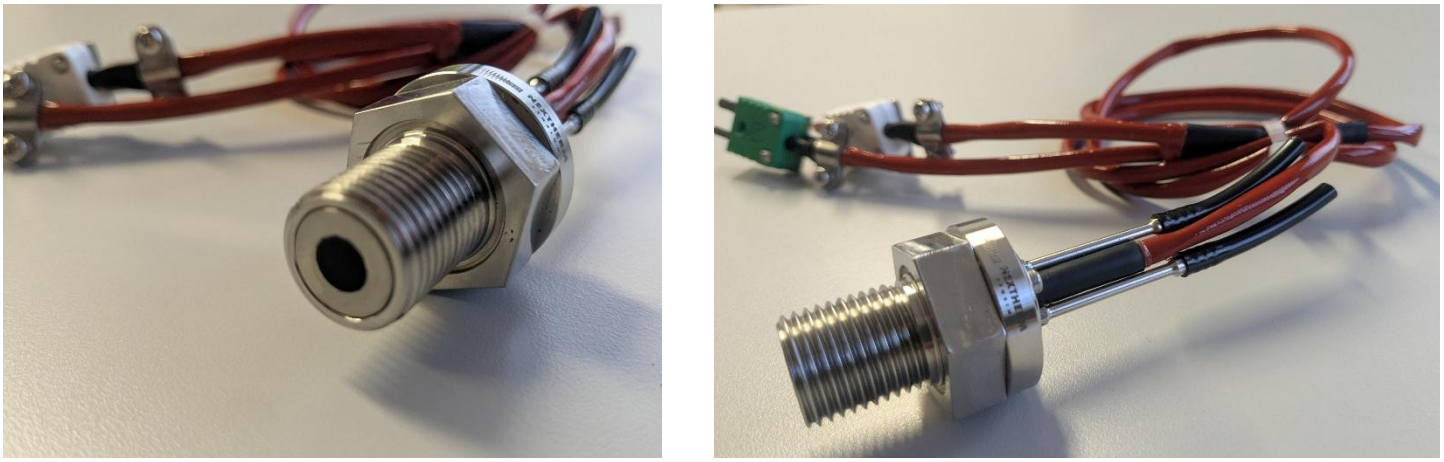


Fig.1 Exemple de capteur de la Série CHF : fluxmètre total avec interface mécanique vissée

La mise en œuvre des fluxmètres CHF est très simple : il suffit de brancher le câblage du capteur sur un enregistreur de tension, puis de connecter les ports de refroidissement (tubes cannelés diamètre 3.4mm) à un circuit liquide. 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 :

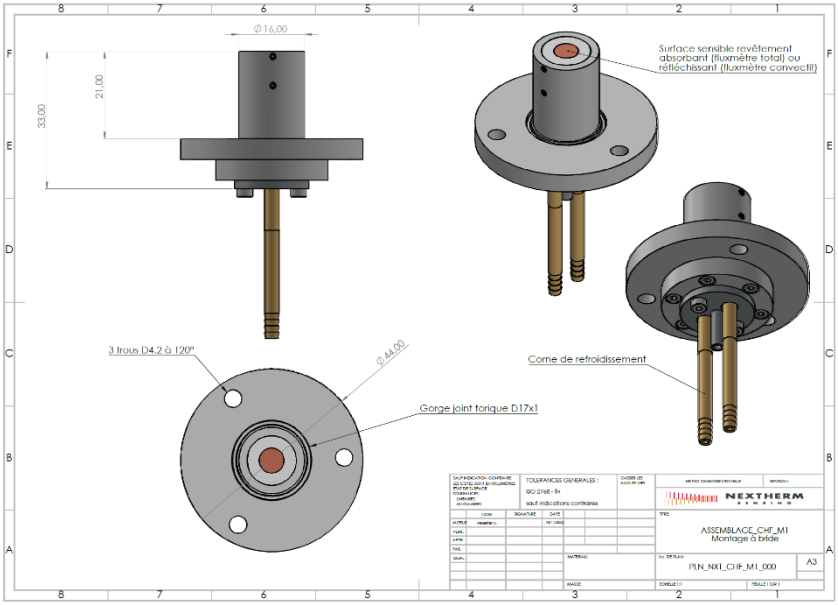


Fig.2 Fluxmètre CHF en interface mécanique à bride 3 trous à 120° (référence M1)

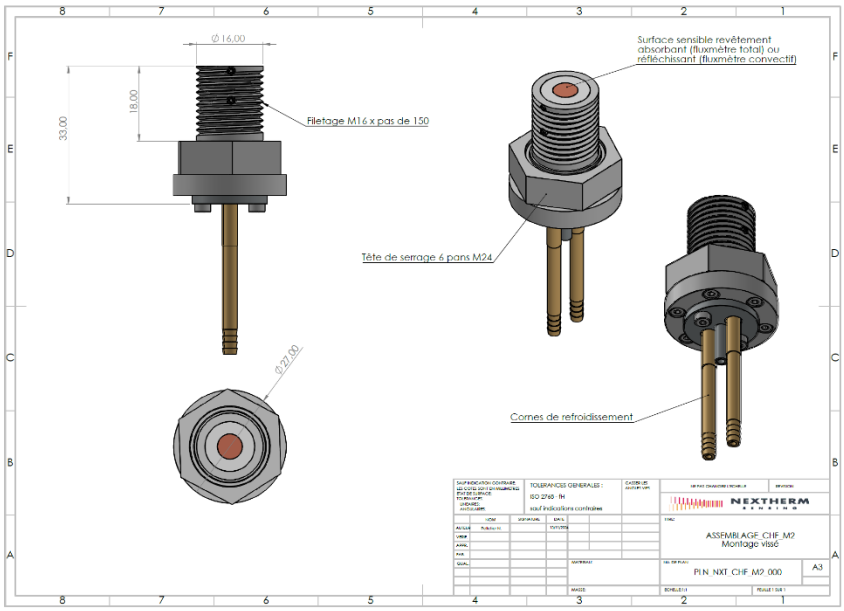


Fig.3 Fluxmètre CHF en interface mécanique à filetage M16 (référence M2)

Calibration

Les fluxmètres de la Série CHF 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.

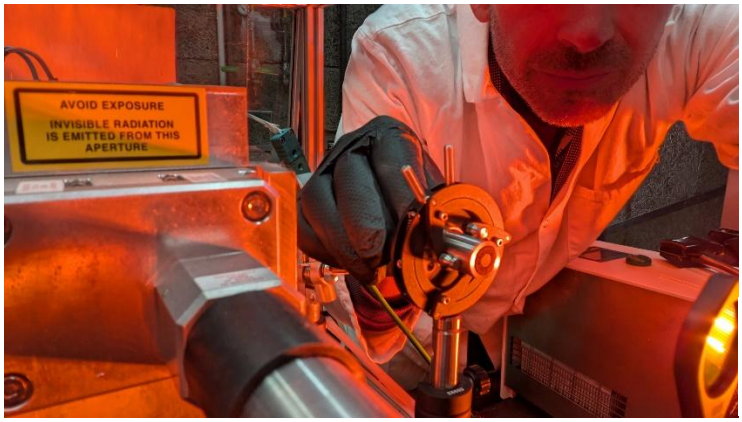


Fig.4 La calibration sur banc laser est une approche unique développée par Nextherm Sensing

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 CHF, 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 CHF 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 CHF sont dimensionnés pour fonctionner en continu, sans que leur température ne diverge.

Grâce à leur refroidissement liquide, les fluxmètres CHF peuvent être mis en œuvre dans des applications de Recherche ou industrielle avec des durées d'opération très variées, de quelques minutes à une utilisation continue 24H/24.

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

Spécifications Série CHF	
Type de capteur	Fluxmètre refroidi (total, convectif ou radiatif)
Grandeur mesurée	Densité de flux thermique [W/m²] 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/m², 500 kW/m²,1 000 kW/m² (= 1MW/m²) et 5 000 kW/m² (= 5 MW/m²)
Limite de plage de mesure	+150% de la plage de mesure nominale
Diamètre de surface sensible	6 mm (4mm pour CHF_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 (~10^{-3} bar) et secondaire (~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/m²)
Non-linéarité	Mesurée par calibration pleine échelle : <2%
Emissivité de la surface sensible	• Flux total et radiatif : $\epsilon > 0.90$* • Flux convectif : $\epsilon < 0.05$ ** Courbe d'émissivité spectrale fournie*
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	Eau perdue (robinet) ou circulateur à bain thermostaté
Pression maximale du liquide	10 bar
Débit massique du liquide	0.5 à 1 L/min (30 à 60 L/h)
Température de refroidissement conseillée	10 à 30°C Pas d'influence de la température de refroidissement sur le signal de sortie de flux
Tube de refroidissement conseillé	Nous recommandons l'utilisation d'un tube en silicone ou en polyéthylène (Dint 3mm x Dext 6 mm) compatible avec le tube convoluté du capteur (D3.4 mm).

Utilisation sans refroidissement	Les capteurs CHF peuvent fonctionner sans refroidissement pendant une durée limitée à condition que la température de contrôle soit 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, détermination des paramètres thermiques et de réaction au feu des matériaux, produits et alssemblages utilisant un calorimètre à échelle intermédiaire (ICAL) • 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 des périodes de plusieurs secondes à plusieurs heures. Connecté à un équipement d'acquisition de données fourni par l'utilisateur. Inspection régulière de la surface, du corps du capteur, du câblage et de flexible de refroidissement du capteur.

	Surveillance continue de la température et de l'alimentation en eau 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/m². Plus sur demande.
Option flux radiatif	Hublot saphir épaisseur 1mm sans traitement anti-reflet. Transmitivité 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 CHF.

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

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
Refroidissement liquide	Utiliser de l'eau du robinet ou de bain thermostaté. Se référer au chapitre dédié de ce manuel
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 trois vis à 120° (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

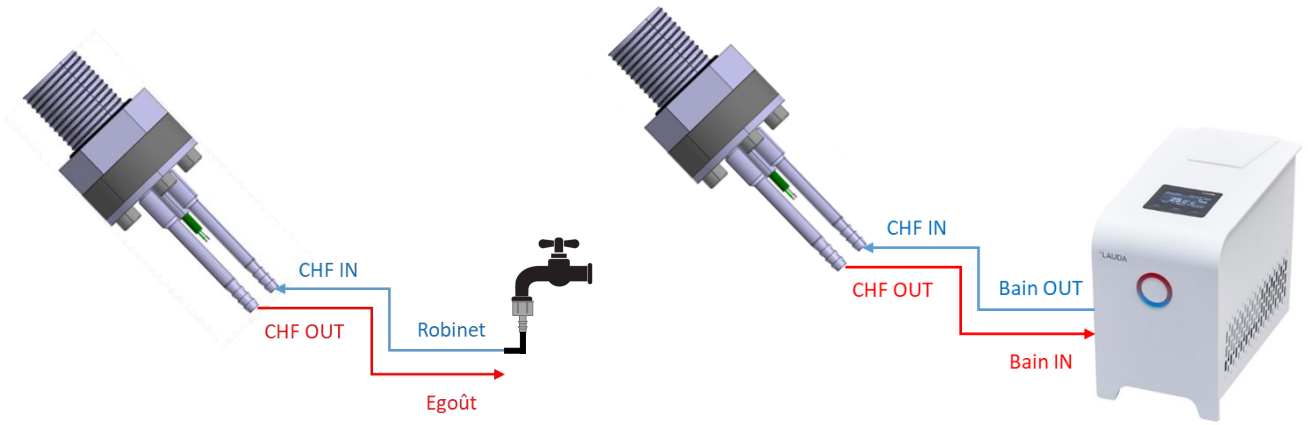
3.1 Refroidissement liquide

Les capteurs de la Série CHF sont dotés de cornes à raccord cannelé en diamètre 3.4mm. Ces raccords doivent être reliés au circuit de refroidissement,

- soit à eau perdue, sur robinet ;
- soit sur boucle thermostaté (bain à circulation).

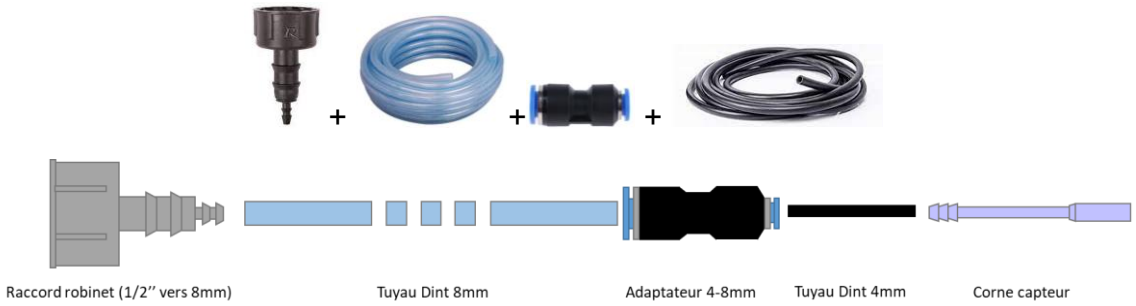
Nota : le choix de l'entrée/sortie du refroidissement est indifférent, l'une ou l'autre des cornes pouvant être utilisée.

Fig.5 Modes de refroidissement possibles des fluxmètres CHF : à gauche, montage sur eau perdue ; à droite, montage sur bain thermostaté



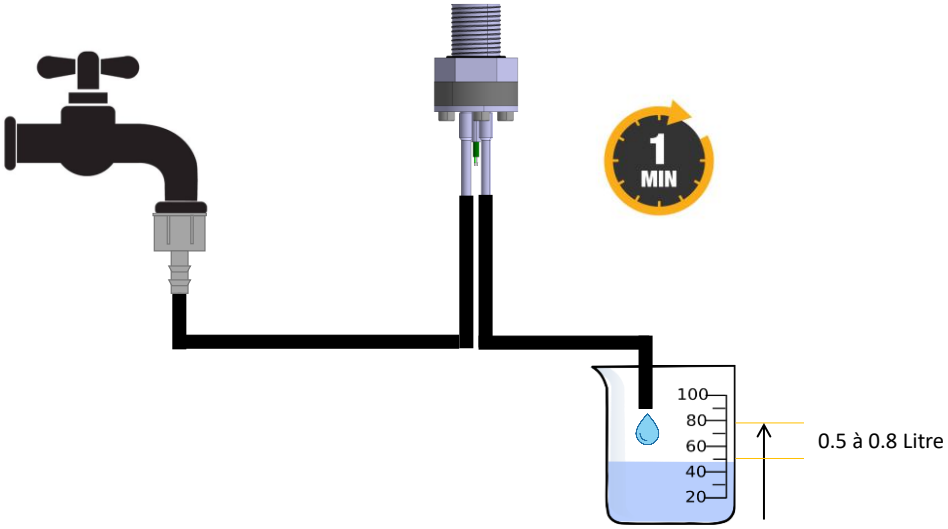
Les principales pertes de charge du système sont celles générées par l'étroitesse des cornes et du double corps du capteur. Il est possible d'installer des tuyaux de diamètres intérieurs très variés, sans altération de la qualité du refroidissement. Néanmoins, sur les longues distances, on conseille l'utilisation de tuyaux de forts diamètres pour palier tout manque de pression sur votre réseau d'eau (min. Dint 8mm).

Fig.6 Mode de montage de l'entrée du caloporteur (exemples non limitants)



En eau perdue, il est utile de vérifier le débit d'eau à votre disposition. Il doit être typiquement compris entre 0.5L/min et 0.8L/min (soit 30 à 50 L/h). Un simple chronométrage du remplissage d'un contenant gradué permet de réaliser ce réglage.

Fig.4 Principe de mesure rapide du débit d'eau perdue



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 CHF, selon que le système d'acquisition et en 16 bits ou 24 bits :

	Flux minimum accessible	
Gamme de mesure	En 16 bits	En 24 bits
CHF-250	13 kW/m²	0,05 kW/m²
CHF-500	23 kW/m²	0,09 kW/m²
CHF-1000	46 kW/m²	0,18 kW/m²
CHF-5000	339 kW/m²	1,32 kW/m²

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 ».

4. Compensation du rayonnement de surface

Les fluxmètres de la Série CHF peuvent être équipés d'un thermocouple de contrôle en face avant. Cette mesure additionnelle permet de réaliser une compensation du rayonnement de surface

À partir d'une certaine température, l'émission infrarouge de la surface sensible du capteur peut devenir significative. Ce phénomène concerne les fluxmètres radiatifs et totaux, dont une partie de la surface sensible est noircie et peut ainsi échanger de l'énergie par rayonnement avec son environnement.

Le bilan radiatif à la surface du capteur peut simplement se formuler selon :

$$\Phi_{rad} = \epsilon.\sigma.(T_{env}^4 - T_S^4)$$

où T_{env} et T_S sont respectivement la température de l'environnement et la température de surface du capteur (à savoir sa température de contrôle).

Deux cas de figure peuvent se présenter :

- Capteur exposé à un champ libre / environnement froid : dans ce cas, la surface sensible – plus chaude que l'environnement – présente un bilan radiatif sortant. Une partie du flux incident est ainsi dissipée par rayonnement. Le flux incident compensé peut alors être calculé par :

  $$\Phi_{comp} = \Phi_{mes} + \epsilon.\sigma.T_S^4 = \frac{U}{S} + \epsilon.\sigma.T_{cont}^4$$

  où T_{cont} est la température de contrôle équipant le fluxmètre.

- Capteur exposé à une source chaude englobante (exemple : flamme directe) : dans ce cas, le rayonnement reçu depuis l'environnement chaud compense tout ou partie de l'émission radiative de la surface sensible. La correction simplifiée précédente n'est donc pas applicable et aucune compensation n'est requise dans le cadre de cette approximation.

Déclaration de conformité UE

Nous,

Nextherm Sensing SAS
Siège sis 70 Chemin de Cantalauze
31220 Martres-Tolosane
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	CHF
Type de produit :	capteur de flux thermique 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
Martres-Tolosane, le 29 Septembre 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

© Nextherm Sensing
Version 2026
Nous nous réservons le droit de modifier les spécifications sans notification préalable.