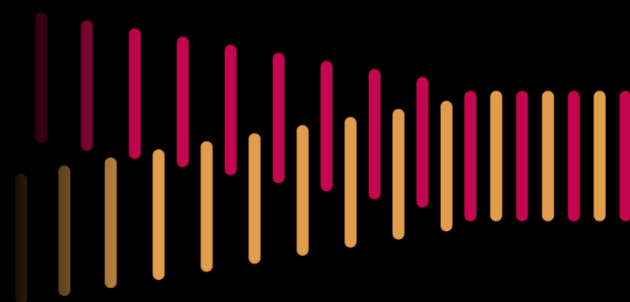




NEXTHERM

S E N S I N G

High Flux. High Value.

Manuel Utilisateur

Capteur de flux thermique à inertie

Série IHF

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	13
3.2 Connexion électrique	14
4. Effectuer une mesure fiable	14
4.1 Bruit de mesure.....	14
4.2 Fréquence d'échantillonnage.....	15
4.3 Respect de la température maximale admissible.....	15
4.4 Le temps : une importance capitale.....	15
5. Post-traitement avec NexTest_IHF	16
5.1 Principes généraux	16
5.2 Utilisation du logiciel NexTest_IHF	17
6. Annexe : émissivité spectrale.....	21

Liste des symboles

C_p	Capacité thermique à pression constante [J/(kg.K)]
K	Coefficient d'étalonnage [kg/m ²]
T	Température [°C]
α, β, γ	Coefficients de la loi de correction de pertes thermiques
Φ	Densité de flux thermique [kW/m ²]

Introduction

Ce document constitue le mode opératoire des capteurs de la Série IHF (*Inertia Heat Flux*). Ce type de capteur permet une mesure de flux thermique sur une durée limitée ou en mode cyclique. Le capteur n'est pas refroidi et ne peut donc pas être utilisé en mesure continue ou sur des durées significatives.

Les capteurs IHF reposent sur une conception unique développée par Nextherm Sensing, basée sur une méthode dite « calorimétrique » ou « à inertie ». Sous l'effet d'un flux externe, la température d'un élément calorimétrique augmente. Cette variation temporelle de température, et donc d'énergie stockée, est proportionnelle 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, convertie en température. L'architecture du capteur est originale et sans équivalent sur le marché. Le signal de température enregistré est ensuite post-traité pour remonter à la densité de flux thermique instantanée collectée en face avant du capteur. La gamme de mesure des fluxmètres IHF s'étend des « bas flux » (quelques kW/m^2) jusqu'au flux extrêmes (plusieurs MW/m^2) selon la capacité calorifique de l'élément sensible.

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 IHF 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).

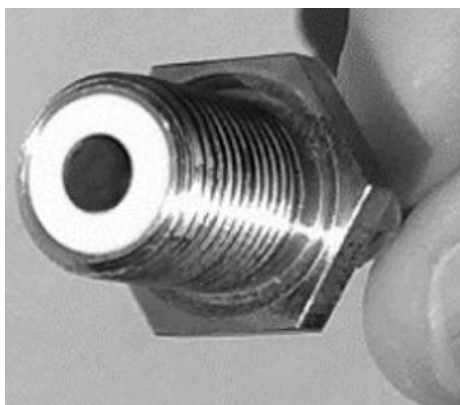


Fig.1 Exemple de capteur de la Série IHF : fluxmètre total avec interface mécanique vissée

La mise en œuvre des fluxmètres IHF est très simple : il suffit de brancher le connecteur à fiches plates équipant le câblage câblage sur un enregistreur de température (pour thermocouple type K, ou multi-types). A l'issue d'un enregistrement, la densité de flux est déduite de la mesure de température via le logiciel NexTest_IHF fourni avec chaque capteur.

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 :

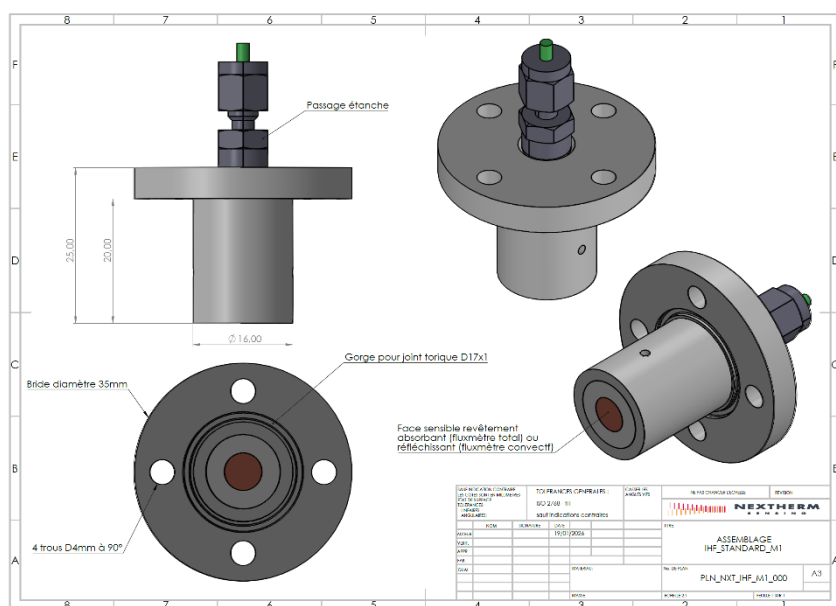


Fig.2 Fluxmètre IHF en interface mécanique à bride 4 trous à 90° (référence M1)

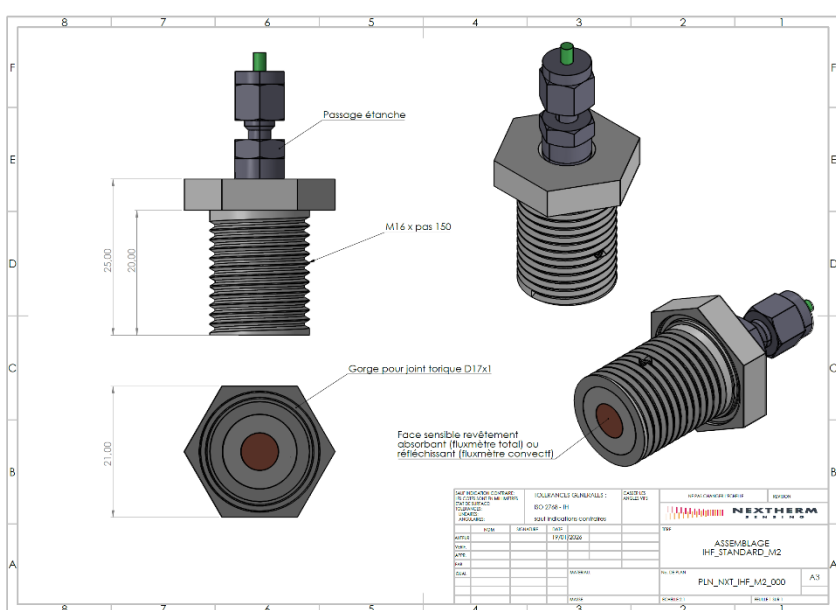


Fig.3 Fluxmètre IHF en interface mécanique à filetage M16 (référence M2)

Calibration

Les fluxmètres de la Série IHF 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.

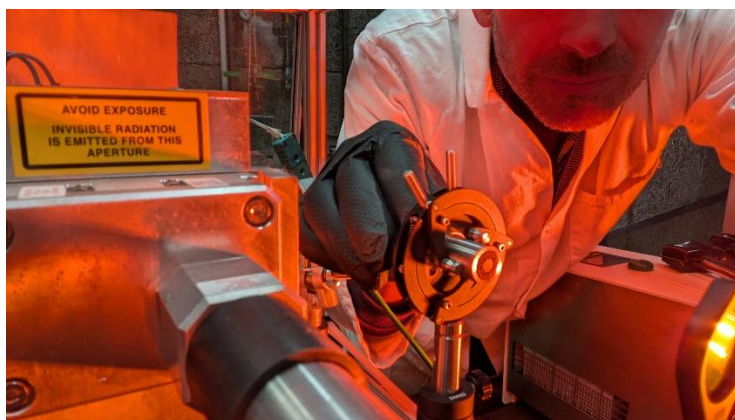


Fig.4 La calibration sur banc laser est une approche unique développée par Nextherm Sensing

La calibration de chaque capteur est réalisée sur la gamme de densité de flux commandée par le client, suivant un protocole interne. Pour limiter l'usure du capteur et préserver son apparence esthétique avant livraison, la calibration est limitée à 600kW/m², sauf besoin explicite exprimé par le client. Sur demande, il est possible de réaliser un étalonnage accrédité Cofrac auprès du Laboratoire National d'Etalonnage (LNE) (limité cependant à 150kW/m² sur corps noir).

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 IHF, 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 le capteur
- Le certificat d'étalonnage est joint au capteur et au présent mode opératoire dans votre colis
- Une clé USB est bien présente également dans votre colis. Elle contient de la documentation ainsi que l'exécutable du logiciel NexTest_IHF

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 température à l'aide d'un multimètre
2. 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
3. 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
4. Vérifiez qu'en l'absence de flux appliqué sur la surface sensible, la température renvoyée par le capteur est égale à la température ambiante. Utilisez pour cela votre système d'acquisition thermocouple ou un lecteur portatif
5. 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 température

2. Spécifications

Les capteurs de la Série IHF mesurent une densité de flux collectée par une surface sensible, mesurée en W/m^2 , kW/m^2 ou MW/m^2 (les certificats d'étalonnages sont fournis en kW/m^2). 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 le large panel de besoins ($kW/m^2 \rightarrow MW/m^2$) avec seulement quelques modèles. Les capteurs IHF sont dimensionnés pour accumuler une quantité d'énergie fixée, jusqu'à atteinte de leur température maximale de fonctionnement (on conseille de ne pas dépasser $500^\circ C$). Cette énergie accumulée est la capacité calorimétrique du capteur :

Tab.1 Modèles IHF disponibles

Modèle IHF	Capacité calorimétrique	Gabarit de flux-durée (Exemples)
IHF-13	13 MJ/m ²	50kW/m ² pendant 140 secondes 2200 kW/m ² pendant 16 secondes
IHF-16	16 MJ/m ²	50 kW/m ² pendant 180 secondes 2200 kW/m ² pendant 20 secondes
IHF-20	20 MJ/m ²	50 kW/m ² pendant 210 secondes 2200 kW/m ² pendant 24 secondes

Les capteurs IHF existent dorénavant également en version « slim » sous forme de pastilles, leur conférant un temps de réponse très faible (<10ms) pour des applications dynamiques (ex : boule de feu, arc plasma, etc.) :

Tab.2 Modèle IHF additionnel pour mesure des phénomènes rapides

Modèle IHF	Capacité calorimétrique	Gabarit de flux-durée (Exemples)
IHF-0.16	0,16 MJ/m ²	50 kW/m ² pendant 2 secondes 2200 kW/m ² pendant 0,2 secondes

Tab.3 Liste des spécifications des fluxmètres de la Série IHF

Spécifications Série IHF	
Type de capteur	Fluxmètre (total, convectif ou radiatif)
Grandeur mesurée	Densité de flux thermique
Mesurande	Tension (force électromotrice type K) convertie en température
Technologie	Fluxmètre à inertie (méthode calorimétrique)
Plage de mesure nominale	10 kW/m ² à 2000 kW/m ² (plus sur demande)
Limite de plage de mesure	+150% de la plage de mesure nominale
Diamètre de surface sensible	6 mm
Signal de sortie	Tension
Loi de conversion	$\Phi(t) = K \cdot Cp(T) \cdot \frac{dT}{dt}$
Lecture requise	1 voie de température (force électromotrice type K)
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. Le capteur peut toutefois être sujet à dégazage
Utilisation sous pression	Pression maximale en opération : 50 bar abs (plus sur demande)
Non-linéarité	Dans les conditions d'étalonnage : <5% (<2% typiquement)
Emissivité de la surface sensible	Flux total et radiatif : $\epsilon > 0.95^*$ Flux convectif : $\epsilon < 0.05$ * Courbe d'émissivité spectrale fournie
Angle de vue	Flux total et convectif : 180° (sans hublot) Flux radiatif : > 160° (avec hublot)
Puissance requise	0 W (capteur passif)
Longueur de câble standard	1m50
Finition câble standard	Gaine tressée inox
Marquage capteur	Numéro de série sur étiquette câblage + gravure sur capteur

Masse du capteur	<0.2 kg câble standard compris
	Essais de réaction au feu - Inflammabilité des produits de construction à l'aide d'une source de chaleur rayonnante
	Essais de réaction au feu - Propagation de la flamme
	Essais de réaction au feu - Dégagement de chaleur, production de fumée et taux de perte de masse
	Essais de réaction au feu - Mesure de la perte de masse
	Essais de réaction au feu - Essai en chambre réelle pour les produits de surface
	Essais de réaction au feu - Essai sur modèle réduit
	Essai de réaction au feu pour les façades
	Essais de résistance au feu - Portes et volets ensembles
Utilisation	Essais de réaction au feu – Détermination des paramètres thermiques et de réaction au feu des matériaux, produits et Assemblages utilisant un calorimètre à échelle intermédiaire (ICAL)
Usages recommandés	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, ...)
	Energies vertes (concentrateurs solaires, ...)

Installation	Recherche académique, R&D et industrie
	Systèmes exposés à des flux thermiques élevés pendant des périodes de plusieurs secondes à dizaines de secondes
	Connecté à un équipement d'acquisition de données fourni par l'utilisateur.
	Inspection régulière de la surface, du corps du capteur et câblage
Conditions d'utilisation typique	Surveillance continue de la température du capteur
	Aucune exigence particulière en matière d'immunité, d'émission ou de résistance chimique.
Installation	Voir chapitre dédié de ce manuel
Extension de câblage (rallonge)	Disponible en option
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	
Capacité calorimétrique	13, 16 et 20 MJ/m ² . Capteur rapide 0.16 MJ/m ²
Option flux radiatif	Hublot saphir épaisseur 1mm sans traitement anti-reflet. Transmittivité 85% sur la plage [0.2-4.2] µm

3. Installation

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

Tab.4 Liste des recommandations d'installation des fluxmètres de la Série IHF

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
Connexion électrique	Le signal de sortie du fluxmètre est une tension de faible valeur (force électromotrice <100mV) convertie en température par votre système d'acquisition. Aucune alimentation électrique n'est requise. Connecter le(s) câble(s) à un système d'acquisition de données (DAQ) pour thermocouple type K. 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 au moyen de vis (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

3.2 Connexion électrique

Les capteurs de la Série IHF doivent être branchés sur un enregistreur de température (thermocouple type K). On déconseille le branchement sur un enregistreur de tension car ceci peut causer des biais de mesures dus à la génération de forces électromotrices parasites (création de jonction froides indésirables).

Il est en revanche possible de brancher les capteurs IHF sur un convertisseur numérique f.e.m vers tension amplifiée.

Le fluxmètre vous est fourni avec un connecteur thermocouple à fiches plates mâles type K (chromel/alumel). En cas de mise en place de rallonges, il est impératif d'utiliser une rallonge compensée (c'est-à-dire une rallonge thermocouple type K également), et non pas un câblage de tension « classique » (ex : cuivre). De ce fait, vous vous prémunissez des risques de création de f.e.m parasites aux différentes jonctions électriques.



De manière générale, appliquez pour nos capteurs IHF les mêmes règles de bonne pratique que celles attendues pour les thermocouples type K.

Aucune alimentation électrique auxiliaires n'est requise.

4. Effectuer une mesure fiable

4.1 Bruit de mesure

La précision de mesure du fluxmètre dépendra de votre système d'acquisition, et notamment de ses performances en termes de rapport « signal sur bruit ». En réalisant un essai « à blanc » à température ambiante, vous serez en mesure d'observer la qualité de votre environnement de mesure. A titre indicatif, un bruit de $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ sur la mesure de température engendre une précision de $\pm 0.5\%$ sur un flux thermique de 500 kW/m^2 , soit en valeur physique $\pm 2.5 \text{ kW/m}^2$.

Le bruit de mesure est un aspect important à prendre en compte dans votre mise en pratique. En effet, la densité de flux est calculée par dérivation mathématique de la température mesurée par rapport au temps (dT/dt). Un mauvais rapport signal/bruit aura pour conséquence une amplification du bruit sur la densité de flux restituée. Cependant, n'ayez crainte : le logiciel NexTest_IHF gère parfaitement les situations où le bruit est élevé grâce à ses fonctionnalités de filtrage avancées.

4.2 Fréquence d'échantillonnage

La fréquence d'échantillonnage peut être librement choisie et n'impacte pas la mesure du flux thermique. Néanmoins, si l'environnement à mesurer est très perturbé (instabilités de combustion, battement de flamme, etc.), il peut être judicieux de fixer une fréquence élevée (ex : 1kHz) de manière à procéder à un filtrage numérique du signal mesuré à posteriori. Attention toutefois à la taille du fichier obtenu.

Une fréquence d'échantillonnage trop faible (ex : 10Hz) pourrait ne pas vous permettre de capturer les effets instationnaires (ex : transitoire de chauffe, passage d'un évènement thermique, ...).

4.3 Respect de la température maximale admissible

Les capteurs de la Série IHF étant basés sur une méthode calorimétrique, l'accumulation de chaleur dans l'élément sensible se solde par une élévation progressive de sa température interne, à une vitesse plus ou moins rapide ($^{\circ}\text{C/s}$) selon l'intensité du flux appliqué. C'est la raison pour laquelle ces fluxmètres sont spécifiés en « gabarit flux-durée » (plus le flux est intense, plus la durée d'exposition admissible est réduite).

L'élément sensible de votre capteur est constitué d'un alliage de cuivre. Il peut résister à une température interne de 900°C . Toutefois, afin d'assurer une durée de vie étendue du capteur et éviter la dégradation de son revêtement absorbant (capteur total ou radiatif) ou réfléchissant (capteur convectif), **on conseille de stopper l'exposition du capteur dès 500°C** . Dans le cas contraire, une inspection visuelle et un test de mesure à froid est conseillé, ainsi qu'une possible remise en état de la surface sensible par nos soins.

4.4 Le temps : une importance capitale

Lors de la configuration de votre système d'acquisition, il est important d'inclure l'enregistrement d'une colonne de temps. Elle permettra l'application du post-traitement pour le calcul de la densité de flux et le tracé des courbes temporelles (exploitation, rapport, ...).

5. Post-traitement avec NexTest_IHF

5.1 Principes généraux

Une fois votre mesure effectuée, vous disposez d'un fichier contenant le temps et le signal de température, à une fréquence d'échantillonnage donnée. La densité de flux peut alors être obtenue par l'application du principe calorimétrique :

$$\Phi(t) = K \cdot Cp(T) \cdot \frac{dT}{dt}$$

Où :

- $\Phi(t)$ est la densité de flux instantanée [W/m²]
- K est le coefficient d'étalonnage de votre capteur [kg/m²]
- $Cp(T)$ est la capacité thermique à pression constante de l'élément sensible, fonction de la température [J/(kg.K)]
- T est la température mesurée par le capteur [°C]
- t est le temps [s]

Un fluxmètre à inertie doit être idéalement calorifugé. De manière à fournir une mesure de flux la plus précise possible, l'écart à l'idéalité est pris en compte en introduisant un terme correctif, représentatif des pertes thermiques :

$$\Phi_c(t) = \Phi(t) + \Phi_{pertes}(T)$$

Où :

- $\Phi_c(t)$ est la densité de flux instantanée corrigée [W/m²]
- $\Phi_{pertes}(T)$ est le flux correctif de pertes thermiques, fonction de la température [W/m²] :

$$\Phi_{pertes}(T[°C]) = \alpha \cdot T^2 + \beta \cdot T + \gamma \quad [W/m^2]$$

Les pertes thermiques sont ainsi considérées comme liées à la température de l'élément calorimétrique. La loi de compensation n'est rigoureusement valable que sur l'intervalle de température parcouru durant l'étalonnage (environ 250 à 300°C), mais peut être extrapolée au-delà.

5.2 Utilisation du logiciel NexTest_IHF

Pour simplifier la démarche de post-traitement et d'analyse de vos mesure, NexTherm Sensing a développé un logiciel dédié : NexTest_IHF. Cet outil permet :

- Le chargement du fichier de mesure (au format CSV, avec séparateur TAB)
- L'observation du signal de température « brut », c'est-à-dire tel qu'enregistré, sans autre traitement intermédiaire
- L'application de divers filtres numériques afin de « nettoyer » le signal de température brut (ceci peut être utile si votre système d'acquisition présente un mauvais rapport signal sur bruit, ou si le phénomène caractérisé est très perturbé)
- La sélection d'un intervalle de temps (début/fin) réduit par rapport à la durée complète enregistrée, permettant de se focaliser sur la période d'intérêt et de réduire le volume du fichier de données de sortie
- Le renseignement des paramètres capteurs : coefficient d'étalonnage, coefficients de la loi de correction de pertes thermiques, émissivité, transmissivité du hublot (si capteur radiatif)
- Le lancement du calcul de la densité de flux
- L'export d'un rapport de calcul (format pdf)
- L'export des données calculées (format CSV)

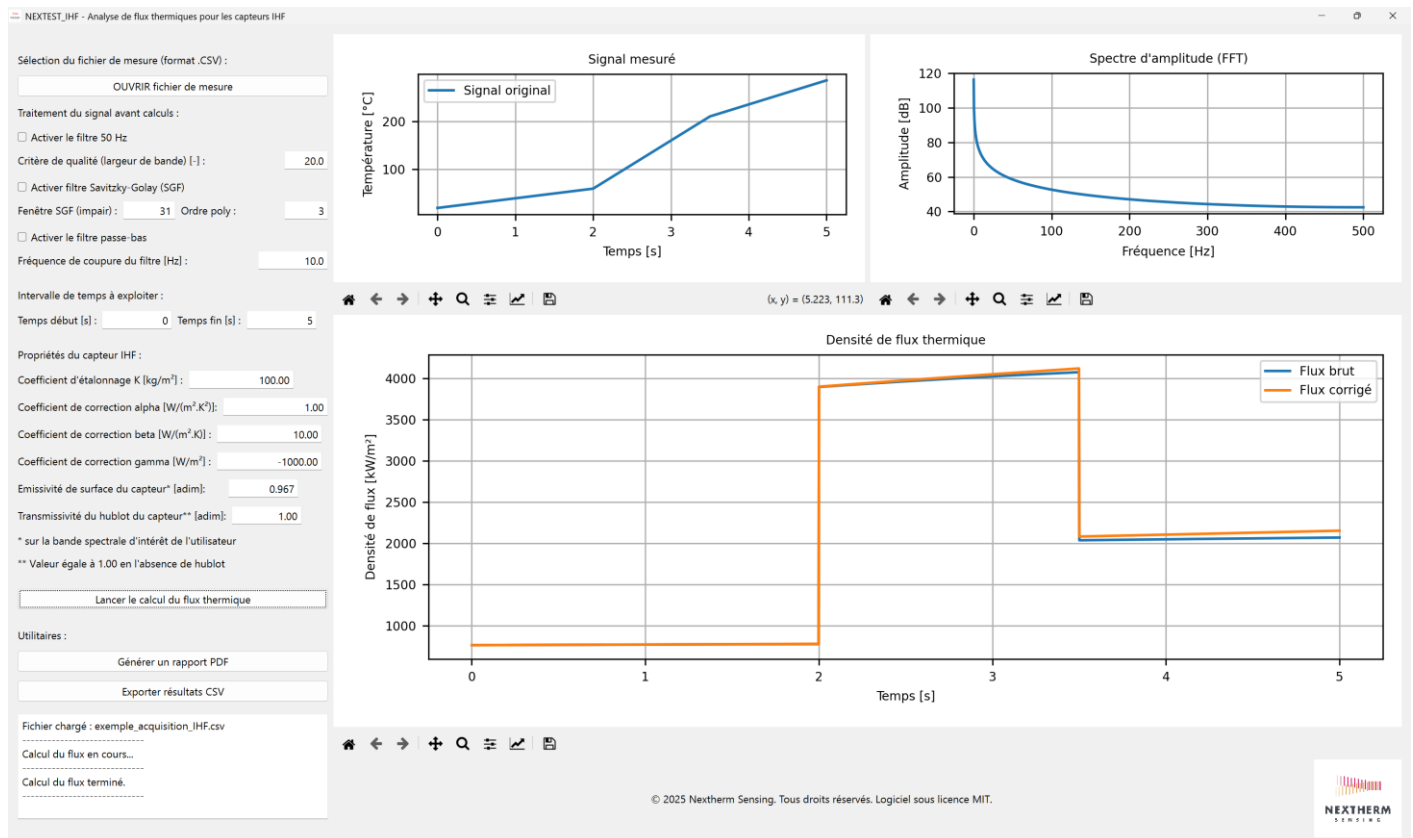


Fig.5 L'interface graphique du logiciel NexTest_IHF

- **Chargement des données** : il vous suffit de charger le fichier de mesure sous **format CSV**. Attention, le séparateur doit être **TABULATION**. Le fichier doit contenir une première colonne de temps (en secondes), et une seconde colonne de température (mesure du capteur, en °C).
- **Observation de la qualité du signal** : Le signal de température brut peut être observé sur le graphique situé en haut à gauche de l'interface. Une analyse fréquentielle (FFT) est automatiquement effectuée au chargement du fichier de données et vous permet d'analyser si des fréquences particulières viennent altérer la qualité du signal (ex : bruit 50Hz « EDF »). Le graphique fréquentiel est situé en haut à droite de l'interface.

Sélection du fichier de mesure (format .CSV) :

OUVRIR fichier de mesure

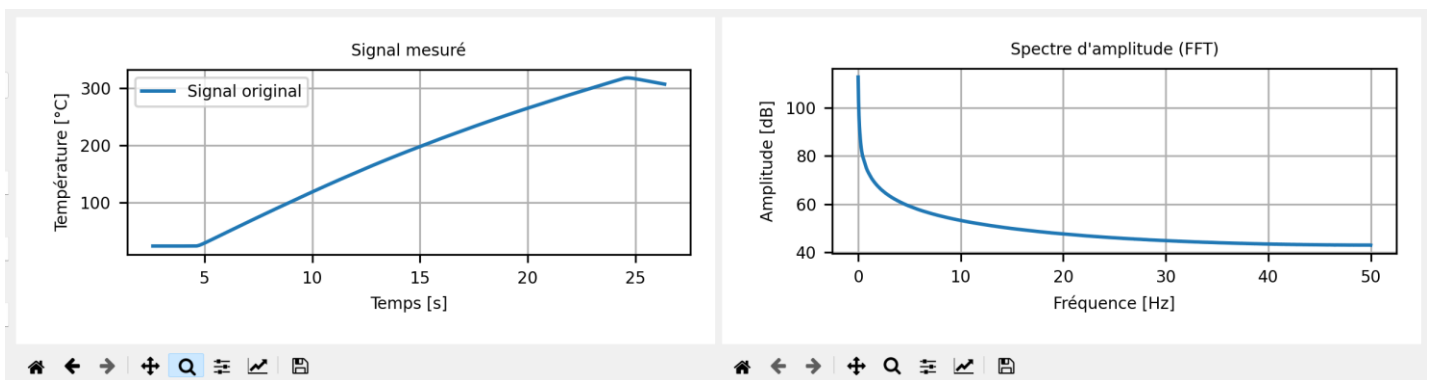


Fig.6 Un exemple d'acquisition réalisée avec un filtre passe-bas avec une fréquence de coupure à 10Hz, programmé sur le système d'acquisition de température, pour une fréquence d'échantillonnage de 100Hz : le spectre FFT ne laisse apparaître aucun phénomène perturbateur. Le post-traitement du flux sera d'une excellente qualité

- **Filtrage** : trois modes de filtrage sont disponibles et permettent, si besoin, d'améliorer le signal de température brut. L'effet du filtrage peut être apprécié sur le graphique fréquentiel :

🔧 Simple filtre 50Hz : permet de retirer une éventuelle perturbation « EDF »

🔧 Filtre Savitsky-Golay (SGF) : méthode de filtrage puissante. Il est nécessaire de renseigner la largeur de fenêtre et l'ordre du filtre. Ces deux valeurs doivent impérativement être des **nombre entiers impairs**. Par défaut, la largeur de fenêtre est réglée à 31 et l'ordre est réglé à 3

🔧 Filtre passe-bas : méthode plus « classique », qui demande de renseigner une fréquence de coupure. Par défaut, la fréquence de coupure est réglée à 10Hz.

Traitement du signal avant calculs :

☐ Activer le filtre 50 Hz

Critère de qualité (largeur de bande) [-] : 20.0

☐ Activer filtre Savitzky-Golay (SGF)

Fenêtre SGF (impair) : 31 Ordre poly : 3

☐ Activer le filtre passe-bas

Fréquence de coupure du filtre [Hz] : 10.0

- **Intervalle de temps à exploiter** : il est possible de réduire l'intervalle de temps à analyser en renseignant un temps de début et un temps de fin spécifique. Lorsque les champs sont laissés vides, l'intégralité du fichier de mesure est analysée.
- **Propriétés du capteur** : le calcul du flux nécessite de renseigner les caractéristiques propres à votre capteur. Elles sont au nombre de 6 :

Intervalle de temps à exploiter :

Temps début [s] : 0 Temps fin [s] : 5

➤ **Coefficient d'étalonnage** : il s'agit de la quantité **K** figurant sur le certificat d'étalonnage de votre capteur

➤ **Coefficients de correction** : il s'agit du triplet **{α, β, γ}** figurant sur le certificat d'étalonnage de votre capteur

➤ **Emissivité de surface de votre capteur** : le revêtement absorbant (noir) possède une émissivité de 0.967 sur un large spectre. C'est la valeur par défaut renseignée. **Attention, pour un capteur convectif, il est nécessaire de fixer la valeur à 1 pour la rendre inactive**

Propriétés du capteur IHF :

Coefficient d'étalonnage K [kg/m²] : 100.00

Coefficient de correction alpha [W/(m².K²)] : 1.00

Coefficient de correction beta [W/(m².K)] : 10.00

Coefficient de correction gamma [W/m²] : -1000.00

Emissivité de surface du capteur* [adim] : 0.967

Transmissivité du hublot du capteur** [adim] : 1.00

* sur la bande spectrale d'intérêt de l'utilisateur

** Valeur égale à 1.00 en l'absence de hublot

➤ **Transmissivité du hublot** : selon votre application, consultez la transmissivité du hublot (saphir) sur l'intervalle de longueur d'onde attendu. Pour le saphir, la transmissivité est de 0.85 sur une large bande spectrale. **Attention pour un capteur total ou convectif (sans hublot), il est nécessaire de fixer la valeur à 1 pour la rendre inactive**

Tab.5 Exemple de coefficients d'étalonnage et de correction tirés d'un certificat d'étalonnage de fluxmètre IHF

K [kg/m ²]	α [W/(m ² .K ²)]	β [W/(m ² .K)]	γ [W/m ²]
+87,420	+1,730	+2,637E+02	-9,286E+03

➤ **Lancement du calcul** : une fois les paramètres précédents complétés dans l'interface graphique, il suffit de cliquer sur le bouton « **Lancer le calcul de flux thermique** ». Le calcul est rapide et aboutit, sur le graphique central en bas de fenêtre, au tracé de la courbe de densité de flux thermique en fonction du temps. Le graphique fait apparaître deux courbes : d'une part le flux brut (non corrigé) en bleu, d'autre part le flux corrigé pour tenir compte des pertes thermiques, plus prononcées sur les durées plus longues ou les températures de capteurs plus élevées (en orange)

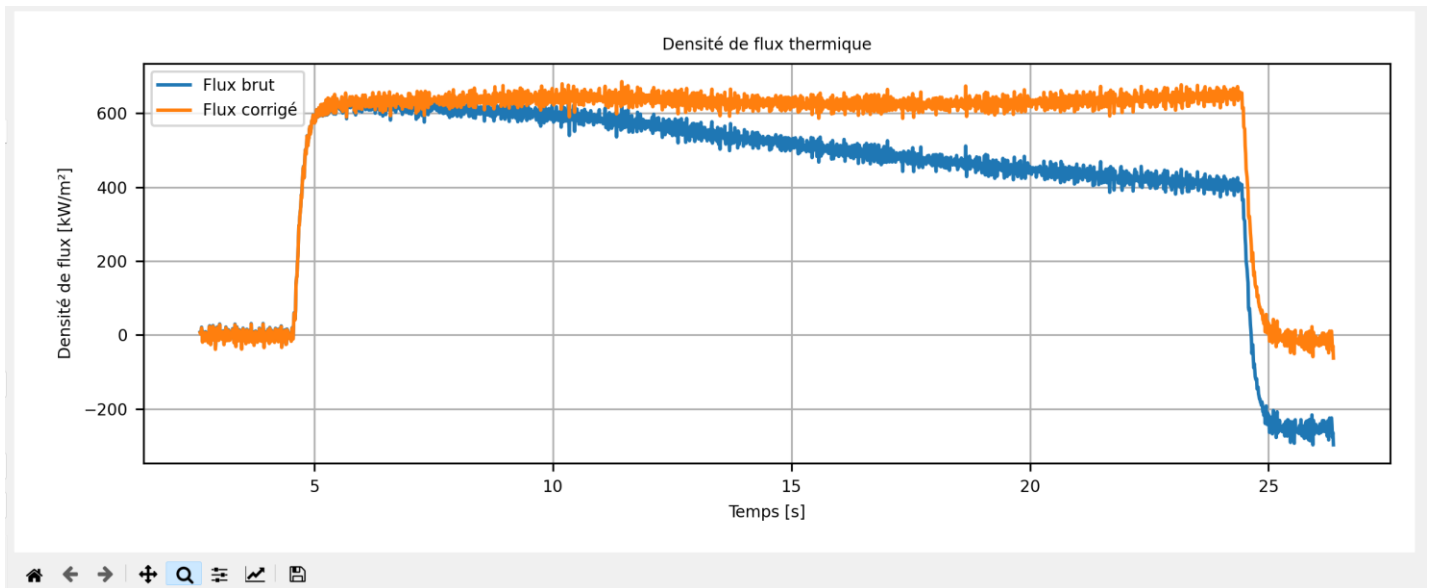


Fig.7 Un exemple d'acquisition de densité de flux thermique restituée, avec le flux brut (en bleu) et le flux corrigé par le terme de pertes thermiques (en orange)

Utilitaires : enfin, les données peuvent être exportées sous forme de rapport (format pdf) et de fichier de données (tableur CSV contenant le temps [s], le flux brut [W/m²] et le flux corrigé [W/m²]).

Utilitaires :

Générer un rapport PDF

Exporter résultats CSV

A noter que les graphiques de l'interface peuvent tous être sauvegardés en cliquant sur l'icône  présente dans la barre d'outils sous chaque graphique.

6. Annexe : émissivité spectrale

Les fluxmètres totaux (sans hublot) et radiatifs (avec hublot) sont dotés d'un dépôt d'une couche mince (peinture noir mat Ulfalux) qui a pour effet d'absorber au maximum la composante radiative de l'échange thermique étudié.

Lors de l'étalonnage de votre capteur, nous retenons une émissivité de surface du capteur de $\epsilon = 0.967$: c'est la valeur d'émissivité du revêtement noir à 1070nm, qui est la longueur d'onde de notre laser d'étalonnage.

Pour votre application, selon la bande spectrale supposée être présente dans le phénomène étudié, il peut vous être nécessaire de préciser dans le logiciel NexTest_IHF une émissivité différente de la valeur de référence (0.967). Néanmoins, comme vous pouvez le remarquer, l'émissivité est assez constante sur un large spectre (0+ à 20 microns).

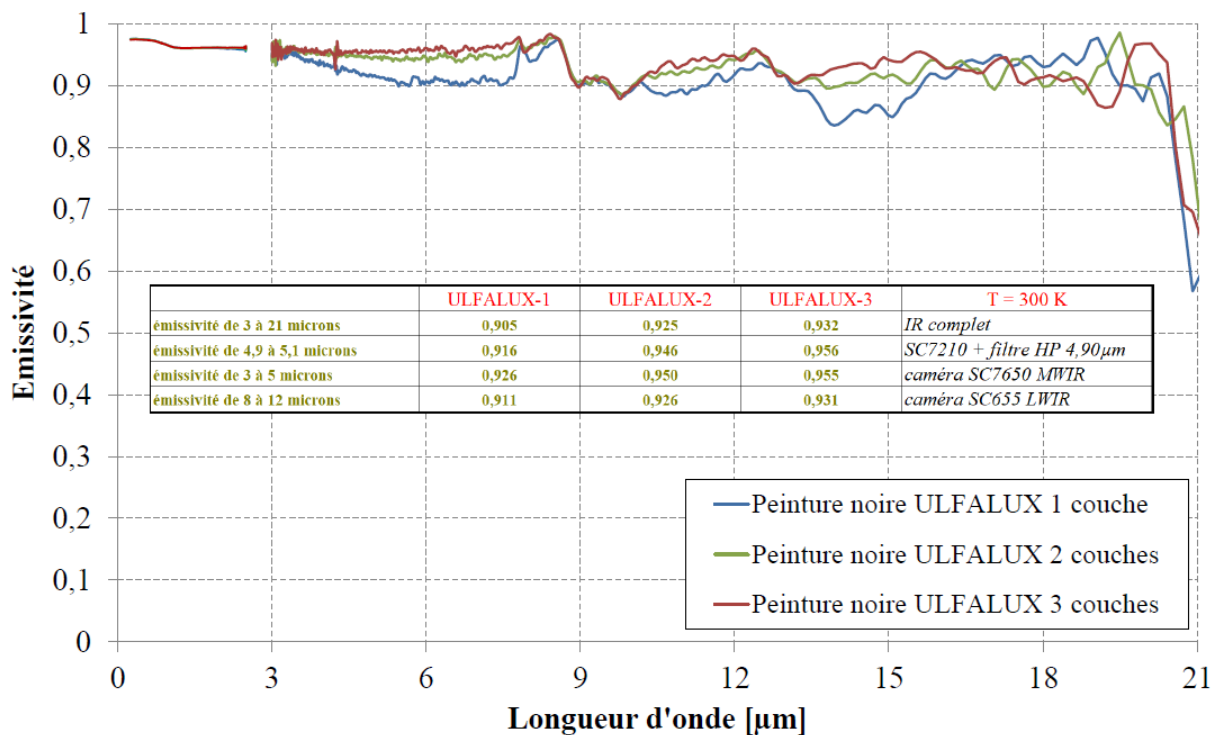


Fig.8 Spectre d'émissivité résultant de la caractérisation du dépôt de peinture noire absorbante

Pour les fluxmètres convectifs, le revêtement réfléchissant est supposé garantir une émissivité résiduelle inférieure à 0.05 sur tout le spectre IR-visible.

Déclaration de conformité UE



Nous,

Nexttherm 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 : IHF
Type de produit : capteur de flux thermique à inertie
Marque : Nexttherm 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 passionnés, 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

