
**Essais au feu — Étalonnage et
utilisation des appareils de mesure du
flux thermique —**

Partie 4:

**Lignes directrices pour l'utilisation
des fluxmètres thermiques dans les
essais au feu**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Fire tests — Calibration and use of heat flux meters —

Part 4: Guidance on the use of heat flux meters in fire tests

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cae3c06a-8cc3-48fb-a700-f5a527e35e8b/iso-14934-4-2014>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 14934-4:2014](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cae3c06a-8cc3-48fb-a700-f5a527e35e8b/iso-14934-4-2014)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cae3c06a-8cc3-48fb-a700-f5a527e35e8b/iso-14934-4-2014>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2014

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office

Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20

Tel. + 41 22 749 01 11

Fax + 41 22 749 09 47

E-mail copyright@iso.org

Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	v
Introduction.....	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Informations générales relatives aux fluxmètres thermiques	2
4.1 Généralités.....	2
4.2 Principe de mesurage.....	3
4.3 Conception des fluxmètres thermiques.....	3
4.3.1 Fluxmètres thermiques du type Gardon.....	3
4.3.2 Fluxmètre thermique du type Schmidt-Boelter.....	4
4.3.3 Radiomètre hémisphérique.....	5
4.4 Caractéristiques de mesurage.....	5
4.4.1 Temps de réponse.....	5
4.4.2 Plage de fonctionnement.....	6
4.4.3 Sensibilité des fluxmètres thermiques.....	7
4.4.4 Réponse spectrale et directionnelle.....	8
4.4.5 Sensibilité au transfert thermique convectif.....	8
4.5 Aspect physique des fluxmètres thermiques.....	8
5 Dispositifs fixés aux fluxmètres thermiques	9
5.1 Purge d'air.....	9
5.2 Fenêtres.....	10
5.3 Système de refroidissement.....	11
6 Choix d'un fluxmètre thermique adapté	13
6.1 Généralités.....	13
6.2 Étendue de mesure.....	13
6.2.1 Évaluation de la plage de fonctionnement et d'étalonnage.....	13
6.2.2 Choix de la méthode d'essai requise.....	13
6.2.3 Estimation du flux thermique prévu.....	13
6.3 Type, dimensions et orientation.....	14
6.4 Angle de vue.....	14
6.5 Temps de réponse.....	14
6.6 Sensibilité au transfert thermique convectif.....	14
7 Réalisation d'une mesure	15
7.1 Installation.....	15
7.1.1 Installation du fluxmètre thermique sur l'équipement d'essai.....	15
7.1.2 Installation du fluxmètre thermique sur l'éprouvette.....	15
7.2 Surface cible.....	16
7.3 Électronique.....	16
7.4 Relation entre la tension de sortie et le flux thermique total.....	16
8 Étalonnage	16
8.1 Fluxmètre thermique étalon secondaire.....	16
8.2 Fluxmètres thermiques étalons de travail.....	16
8.3 Fréquence d'étalonnage.....	16
9 Maintenance	17
9.1 Absorbeur.....	17
9.2 Câblage.....	17
9.3 Alimentation en eau.....	17

10	Utilisation des fluxmètres thermiques dans les essais au feu	17
10.1	Généralités	17
10.2	Essai d'allumabilité: ISO 5657	18
10.3	Essai de propagation de la flamme: Série ISO 5658	18
10.4	Dégagement de chaleur, production de fumée et perte de masse: Série ISO 5660 et ISO 17554	19
10.5	Essai dans une pièce en vraie grandeur pour les produits de surface: Séries ISO 9705 et ISO 13784	19
10.6	Essais de façades: Série ISO 13785	19
10.7	Essai de propagation de la flamme pour les revêtements de sol: Série ISO 9239	19
10.8	Calorimètre à dégagement de chaleur, à échelle intermédiaire (ICAL): ISO 14696	19
	Bibliographie	21

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 14934-4:2014](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cae3c06a-8cc3-48fb-a700-f5a527e35e8b/iso-14934-4-2014)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cae3c06a-8cc3-48fb-a700-f5a527e35e8b/iso-14934-4-2014>

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [Avant-propos — Informations supplémentaires](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cae3c06a-8cc3-48fb-a700-f5a527e35e8b/iso-14934-4-2014).

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 92, *Sécurité au feu*, sous-comité SC 1, *Amorçage et développement du feu*.

Cette première édition de l'ISO 14934-4 annule et remplace l'ISO/TS 14934-4:2007 qui a fait l'objet d'une révision technique.

L'ISO 14934 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général Essais au feu — Étalonnage et utilisation des appareils de mesure du flux thermique:

- *Partie 1: Principes généraux*
- *Partie 2: Méthodes d'étalonnage primaire*
- *Partie 3: Méthodes d'étalonnage secondaire*
- *Partie 4: Lignes directrices pour l'utilisation des fluxmètres thermiques dans les essais au feu*

Introduction

Dans de nombreuses méthodes d'essai au feu, le niveau de rayonnement est spécifié, et il est très important par conséquent, que le flux thermique radiatif soit bien défini et mesuré avec une précision suffisante. Le transfert thermique radiatif est également un mode de transfert de la chaleur majeur dans la plupart des incendies réels.

Dans la pratique, le flux thermique radiatif est habituellement mesuré au moyen des fluxmètres thermiques totaux du type Schmidt-Boelter (thermopile) ou du type Gardon (feuille). Ces fluxmètres enregistrent le flux thermique combiné par rayonnement et convection par rapport à une surface refroidie. La contribution au transfert thermique par convection dépend principalement de la différence de température entre les gaz environnants et la surface sensible et de la vitesse des gaz environnants. Elle dépendra également de la taille et de la forme du fluxmètre thermique, de son orientation et de sa température qui est proche de la température de l'eau de refroidissement. Dans de nombreuses situations pratiques dans les essais de feu, la contribution de la convection à la surface sensible de l'instrument peut s'élever à 25 % du flux thermique. Par conséquent, il est toujours nécessaire de déterminer et de contrôler cette composante.

Pour déterminer la fraction du flux thermique total dû au rayonnement, un schéma d'étalonnage a été mis au point dans lequel l'étalonnage primaire est réalisé sur deux types différents de fluxmètres thermiques: (1) un radiomètre hémisphérique total, sensible uniquement au rayonnement, et (2) un fluxmètre thermique total (plus fréquemment utilisé) sensible à la fois au transfert thermique par rayonnement et au transfert thermique par convection.

Concernant l'utilisation des fluxmètres thermiques, il est important de noter que, à condition que le transfert thermique convectif soit maintenu au minimum, seul le flux thermique radiatif incident peut être mesuré directement. Le flux thermique net radiatif ainsi que le transfert thermique par convection vers un corps dépendent, entre autres, de la température de la surface réceptrice, tandis que l'instrument répond au transfert thermique vers une surface refroidie.

La présente partie de l'ISO 14934 fournit des lignes directrices sur l'utilisation de ce type d'instrument et l'interprétation des résultats.

Essais au feu — Étalonnage et utilisation des appareils de mesure du flux thermique —

Partie 4: Lignes directrices pour l'utilisation des fluxmètres thermiques dans les essais au feu

1 Domaine d'application

Cette partie de l'ISO 14934 fournit des lignes directrices sur l'utilisation des fluxmètres thermiques dans les applications d'essai au feu, y compris la description et les principes de fonctionnement des fluxmètres thermiques ordinaires ainsi que les méthodes de sélection et de maintenance. Elle peut également s'appliquer au mesurage du flux thermique de panneaux radiants et autres sources thermiques importantes utilisées pour simuler le flux thermique provenant d'un feu. Elle est applicable à tous les essais ordinaires consistant à mesurer le flux thermique provenant de sources rayonnantes.

Cette partie de l'ISO 14934 fournit également la théorie de base et les principes de fonctionnement des fluxmètres thermiques, ainsi que les méthodes de sélection, d'utilisation et de maintenance de ce type d'instrument. Bien que portant principalement sur l'application des fluxmètres thermiques dans les essais au feu et les travaux expérimentaux de recherche sur le feu, elle peut aussi servir de guide pour d'autres applications de recherche, telles que les chaudières ou les processus de combustion, etc.

Les instruments permettant de mesurer la température transitoire d'un corps solide de masse et de capacité thermique connues pour en déduire le flux thermique (calorimètre de type « slug ») ne sont pas couverts par cette partie de l'ISO 14934.

2 Références normatives

Les documents suivants, en totalité ou en partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 13943, *Sécurité au feu — Vocabulaire*

ISO 14934-1, *Essais au feu — Étalonnage et utilisation des appareils de mesure du flux thermique — Partie 1: Principes généraux*

ISO 14934-2, *Essais au feu — Étalonnage et utilisation des appareils de mesure du flux thermique — Partie 2: Méthodes d'étalonnage primaire*

ISO 14934-3, *Essais au feu — Étalonnage et utilisation des appareils de mesure du flux thermique — Partie 3: Méthode d'étalonnage secondaire*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 13943 et l'ISO 14934-1 s'appliquent.

4 Informations générales relatives aux fluxmètres thermiques

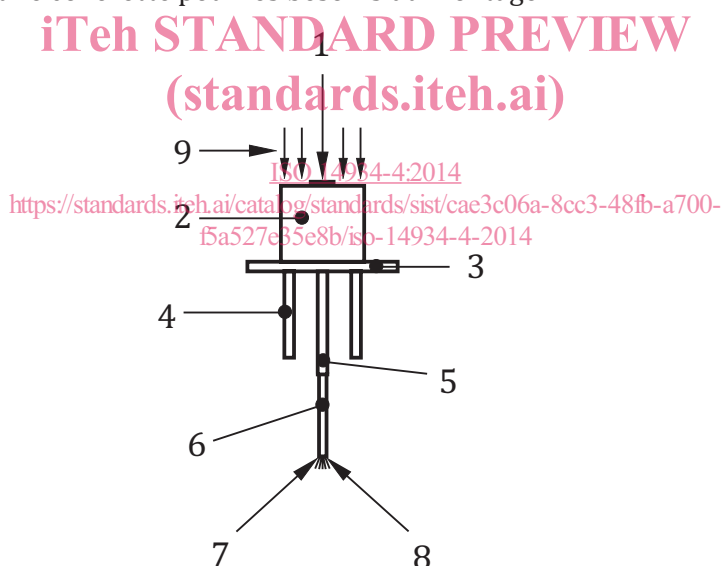
4.1 Généralités

Un fluxmètre thermique est un instrument de mesure de la chaleur radiative et convective transférée depuis l'environnement en feu jusqu'à un élément de détection. Dans la pratique, le flux thermique est habituellement mesuré au moyen de fluxmètres thermiques totaux du type Schmidt-Boelter (thermopile) ou du type Gardon (feuille). Bien qu'il existe toute une variété de fluxmètres thermiques, ceux-ci consistent généralement en un capteur à thermopile monté sur un corps métallique refroidi à l'eau. Le corps agit comme un radiateur à température constante. Le capteur à thermopile dispose normalement d'une surface pratiquement noire censée absorber tout le rayonnement incident, ou dont l'émissivité est donnée.

La sensibilité est supposée indépendante de la longueur d'onde sur la plage spectrale des sources rayonnantes. Normalement, les écarts par rapport aux caractéristiques idéales de réponse directionnelle peuvent également être négligés.

En situation normale, le champ de vision est supposé être de 2π sr et la surface est censée constituer un corps noir parfait, tant du point de vue des caractéristiques spectrales que de celui de la réponse directionnelle.

Les fluxmètres thermiques se composent généralement d'un absorbeur de flux thermique, d'un corps, d'un système d'eau de refroidissement et d'un système de câblage, comme illustré à la [Figure 1](#). Souvent ils disposent également d'une collerette pour les besoins du montage.



Légende

1	absorbeur	6	câble
2	corps	7	signal du fluxmètre thermique
3	collerette	8	signal du capteur de température
4	tube d'alimentation en eau	9	flux thermique incident
5	tube de câblage		

Figure 1 — Caractéristiques générales des fluxmètres thermiques

La surface sensible doit rester exempte de dépôts de suie ou d'autres particules. Il convient de noter que de la suie peut s'accumuler sur la surface refroidie de la jauge et affecter les résultats.

4.2 Principe de mesurage

Le flux thermique incident arrivant sur l'absorbeur crée une différence locale de température. Cette différence est mesurée et résulte en un signal de sortie (tension). Suivant une première approximation, cette tension est linéaire en fonction du flux thermique reçu par le capteur. Dans la plupart des fluxmètres thermiques, la différence de température est mesurée au moyen de thermocouples ou de thermopiles qui sont passifs et ne nécessitent aucune source d'alimentation externe.

Dans une plage de fonctionnement limitée, le rapport entre le flux thermique reçu par le capteur et le signal de sortie peut être supposé linéaire. Il convient cependant de noter que le signal de sortie n'est pas toujours linéaire avec le flux thermique incident (voir [4.4.3](#)).

4.3 Conception des fluxmètres thermiques

Il existe deux types de fluxmètres thermiques largement utilisés dans les essais au feu: les fluxmètres thermiques du type Gardon (feuille) et les fluxmètres thermiques du type Schmidt-Boelter (thermopile).

Les fluxmètres thermiques du type Gardon ont une très grande plage de fonctionnement et un temps de réponse très rapide. Toutefois, leur sensibilité est faible, et par conséquent ils ne permettent pas de mesurer les flux thermiques de faible niveau.

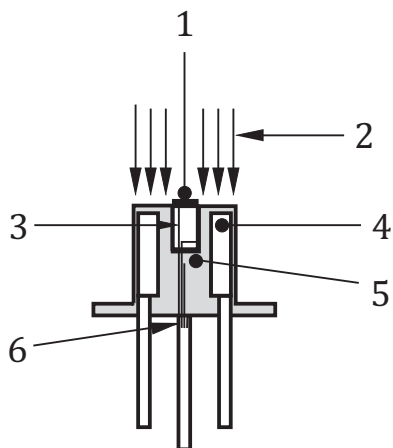
Les fluxmètres thermiques du type Schmidt-Boelter sont généralement beaucoup plus sensibles que les jauges Gardon.

Un autre type de fluxmètre thermique concerne le radiomètre hémisphérique, sensible uniquement à l'éclairement énergétique, c'est-à-dire qu'il n'est pas sensible à la température ni à la vitesse des gaz environnants, mais permet d'évaluer la part convective du transfert thermique mesuré par les fluxmètres thermiques totaux.

4.3.1 Fluxmètres thermiques du type Gardon

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cae3c06a-8cc3-48fb-a700-525229090000/iso-14934-4:2014>

Les fluxmètres thermiques du type Gardon sont munis d'un absorbeur reposant sur un feuillet fin. La chaleur absorbée est conduite le long du feuillet dans le sens radial vers le corps refroidi à l'eau. La température de l'absorbeur est répartie de façon quasi parabolique. Au centre, la température est élevée et varie selon le flux thermique arrivant sur le capteur, tandis qu'au bord elle est relativement faible et reste à la température constante du corps, c'est-à-dire la température de l'eau de refroidissement. Le profil de température cesse d'être parabolique lorsque le flux transversal convectif est significatif. La différence de température entre le centre et le bord extérieur est mesurée à l'aide d'un thermocouple. Un schéma de fluxmètre thermique du type Gardon est représenté à la [Figure 2](#).



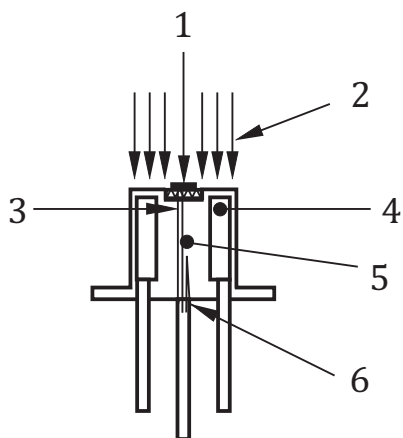
Légende

- | | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | feuil avec absorbeur noir (constantan généralement) | 4 | eau de refroidissement |
| 2 | flux thermique incident | 5 | fil raccordé au corps (ou au bord extérieur du feuil) |
| 3 | fil raccordé au centre du feuil | 6 | thermocouple de mesure de la température du corps |

Figure 2 — Fluxmètre thermique du type Gardon
 (standards.iteh.ai)

4.3.2 Fluxmètre thermique du type Schmidt-Boelter

Un fluxmètre thermique du type Schmidt-Boelter est muni d'une thermopile relativement épaisse montée sur un radiateur, constituant le corps refroidi à l'eau de la jauge. La chaleur absorbée est conduite dans le radiateur à travers le capteur, perpendiculairement à la surface de l'absorbeur. La température de l'absorbeur est répartie relativement uniformément. La différence de température entre le capteur et le corps est mesurée à l'aide de plusieurs thermocouples montés en série dans la thermopile. Le schéma de fluxmètre thermique du type Schmidt-Boelter est représenté à la [Figure 3](#).



Légende

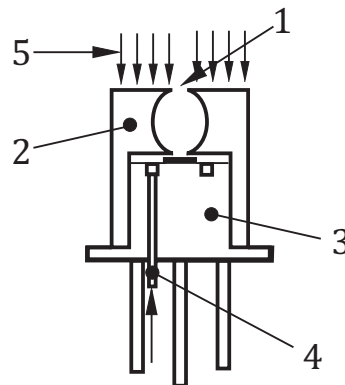
- | | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | feuil avec absorbeur noir (constantan généralement) | 4 | eau de refroidissement |
| 2 | Flux thermique incident | 5 | fil raccordé au centre de la thermopile |
| 3 | Fil raccordé au centre de la thermopile | 6 | thermocouple de mesure de la température du corps |

Figure 3 — Fluxmètre thermique du type Schmidt-Boelter

4.3.3 Radiomètre hémisphérique

Le radiomètre hémisphérique est utilisé pour mesurer l'éclairement énergétique. Il n'est pas sensible au transfert thermique convectif, c'est-à-dire à la température et à la vitesse des gaz environnants.

Les radiomètres hémisphériques, comme illustré à la [Figure 4](#), sont réfléchissants à l'intérieur (intérieur doré en général), qui réfléchit l'éclairement énergétique vers l'absorbeur qui, par conséquent, ne subit pas l'influence de la convection. Les radiomètres hémisphériques sont souvent utilisés dans les recherches sur les flammes et équipés d'un système de purge d'air pour éviter que la suie ne s'accumule sur le réflecteur.



Légende

- | | | | |
|---|------------------------------------|---|-------------------------|
| 1 | ouverture | 4 | Fil de sortie |
| 2 | corps avec intérieur réfléchissant | 5 | flux thermique incident |
| 3 | radiateur | | |

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO 14934-4:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cae3c06a-8cc3-48fb-a700-10e47c551000/iso-14934-4-2014>

Figure 4 — Radiomètre hémisphérique

4.4 Caractéristiques de mesure

4.4.1 Temps de réponse

La durée de beaucoup d'essais normalisés étant limitée, une réponse rapide est exigée des fluxmètres thermiques. Dans la majorité des cas, une réponse pleine-échelle (99 %) de moins de 10 s est exigée.

En général, dans l'application du temps de réponse au cas d'un fluxmètre thermique avec un corps à température constante est exposé à un niveau d'éclairement énergétique démarrant à $t = 0$, le comportement du signal de sortie peut être représenté par la Formule (1):

$$U_{\text{out}} = I \cdot S_1 \left(1 - e^{-\frac{t}{t_{\text{sen}}}} \right) \quad (1)$$

où

U_{out} est le signal de sortie, V;

S_1 est la sensibilité primaire, mV (W m⁻²)⁻¹;

I est le flux thermique, W m⁻²;

t est le temps, s;

t_{sen} est la constante de temps du capteur, s.

Le temps de réponse d'un capteur donné est donc généralement indiqué par sa constante de temps. La constante de temps d'un fluxmètre thermique peut également être considérée comme le temps nécessaire pour atteindre 63 % de la réponse pleine-échelle (100 %).

La règle veut que la réponse pleine-échelle (99 %) soit atteinte dans un délai de 5 fois la constante de temps. En pratique, cela signifie qu'au bout de 5 fois la constante de temps, le temps de réponse n'est plus une source d'erreur significative.

Pour les jauges Gardon, munies d'un feuillet, le temps de réponse peut être approché comme indiqué dans la Formule (2):

$$t_{\text{sen}} = \frac{\rho \cdot c_p d^2}{16\lambda} \tag{2}$$

où

- t_{sen} est la constante de temps du capteur, s;
- ρ est la masse volumique du feuillet, kg m⁻³;
- c_p est la capacité thermique massique du feuillet, J kg⁻¹ K⁻¹;
- d est le diamètre du feuillet, m;
- λ est la conductivité thermique du feuillet, W m⁻¹ K⁻¹.

Pour les jauges Schmidt-Boelter, munies d'une thermopile, le temps de réponse peut être approché comme indiqué dans la Formule (3):^[Z] (standards.iteh.ai)

$$t_{\text{sen}} = \left(\frac{4}{\pi^2} \right) \left(\frac{\rho c_p d^2}{\lambda} \right) \tag{3}$$

ISO 14934-4:2014
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cae3c06a-8cc3-48fb-a700-f5a527e35e8b/iso-14934-4-2014>

où

- t_{sen} est la constante de temps du capteur, s;
- ρ est la masse volumique du capteur, kg m⁻³;
- c_p est la capacité thermique propre du capteur, J kg⁻¹ K⁻¹;
- d est l'épaisseur du capteur, m;
- λ est la conductivité thermique du capteur, W m⁻¹ K⁻¹.

La plupart des fluxmètres thermiques couramment utilisés pour les essais au feu ont une constante de temps d'environ 1 s ou inférieure. Par conséquent, les mesures de flux thermique dans les essais au feu dans des conditions quasi stationnaires peuvent être considérées comme instantanées.

Si le flux thermique est mesuré lors d'un phénomène très rapide tel qu'un embrasement ou une explosion, il peut être nécessaire de corriger les mesures de flux thermique à l'aide de la constante de temps.

4.4.2 Plage de fonctionnement

En général, un type donné de fluxmètre thermique est conçu pour mesurer une certaine plage de flux thermique (sa plage de fonctionnement). En outre, le capteur a une certaine sensibilité et un temps de réponse spécifique pour atteindre un niveau déterminé de signal de sortie. La principale restriction est que la température de l'absorbeur soit maintenue dans des limites acceptables, de façon à éviter la destruction de la zone peinte et du capteur.