

---

---

**Isolation thermique — Éléments de  
construction — Mesurage in situ de la  
résistance thermique et du coefficient de  
transmission thermique**  
**(standards.iteh.ai)**

*Thermal insulation — Building elements — In situ measurement of  
thermal resistance and thermal transmittance*  
[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/68ac9e4a-a02b-48c4-a8e0-  
c33cec4c1693/iso-9869-1994](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/68ac9e4a-a02b-48c4-a8e0-c33cec4c1693/iso-9869-1994)



## Sommaire

	Page
<b>1</b> Domaine d'application .....	<b>1</b>
<b>1.1</b> Limites d'application .....	<b>1</b>
<b>1.2</b> Contenu de la présente Norme internationale .....	<b>1</b>
<b>1.3</b> Qualifications du personnel .....	<b>1</b>
<b>2</b> Références normatives .....	<b>1</b>
<b>3</b> Termes, symboles et unités .....	<b>2</b>
<b>4</b> Appareillage .....	<b>2</b>
<b>5</b> Procédure de calibrage .....	<b>4</b>
<b>5.1</b> Calibrage du fluxmètre .....	<b>4</b>
<b>5.2</b> Capteurs de température .....	<b>5</b>
<b>5.3</b> Équipement de mesure .....	<b>5</b>
<b>6</b> Mesurages .....	<b>5</b>
<b>6.1</b> Installation de l'appareillage .....	<b>5</b>
<b>6.2</b> Acquisition des données .....	<b>6</b>
<b>7</b> Analyse des données .....	<b>6</b>
<b>7.1</b> Méthode de la moyenne .....	<b>6</b>
<b>7.2</b> Effets de l'inertie thermique .....	<b>7</b>
<b>7.3</b> Comparaison des résultats calculés et mesurés .....	<b>9</b>
<b>8</b> Corrections des erreurs d'opération .....	<b>9</b>
<b>8.1</b> Corrections pour la résistance thermique du fluxmètre .....	<b>9</b>
<b>8.2</b> Correction pour la dimension finie du fluxmètre .....	<b>10</b>
<b>9</b> Précision .....	<b>11</b>
<b>10</b> Rapport d'essai .....	<b>12</b>

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 9869:1994

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/68ac9e4a-a02b-48c4-a8e0-c33cec4c1693/iso-9869-1994>

© ISO 1994

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation  
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

**Annexes**

<b>A</b>	Coefficient de transfert superficiel et mesurage du coefficient de transmission thermique .....	<b>13</b>
<b>B</b>	Méthode d'analyse dynamique .....	<b>16</b>
<b>C</b>	Examen de la structure de l'élément .....	<b>20</b>
<b>D</b>	Perturbations causées par le fluxmètre .....	<b>21</b>
<b>E</b>	Effets de l'inertie thermique .....	<b>25</b>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 9869:1994](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/68ac9e4a-a02b-48c4-a8e0-c33cec4c1693/iso-9869-1994)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/68ac9e4a-a02b-48c4-a8e0-c33cec4c1693/iso-9869-1994>

## 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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 9869 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 163, *Isolation thermique*, sous-comité SC 1, *Méthodes d'essais et de mesurage*.

Les annexes A, B et C font partie intégrante de la présente Norme internationale. Les annexes D et E sont données uniquement à titre d'information.

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards (i) (ai))

ISO 9869:1994

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8a2734a-a02b-48c4-a8e0-c33cec4c1693/iso-9869-1994>

## Introduction

Le coefficient de transmission thermique ( $U$ ) est défini, dans l'ISO 7345:1987, comme le «quotient du flux thermique par unité de surface, en régime stationnaire, par la différence de température entre les milieux situés de part et d'autre d'un système».

En principe, le coefficient de transmission thermique ( $U$ ) peut être obtenu en mesurant la densité de flux thermique au travers d'un élément au moyen d'un fluxmètre ou d'un calorimètre, en même temps que les températures des deux côtés de l'élément placé en régime stationnaire.

Toutefois, cette méthode simple n'est pas possible en pratique, où le régime stationnaire n'est pratiquement jamais réalisé. Il y a toutefois plusieurs manières de pallier à cette difficulté:

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

a) imposer le régime stationnaire au moyen de deux boîtes, une chaude et une froide. Cette méthode est courante en laboratoire (ISO 8990) mais n'est pas pratique sur le terrain.

b) admettre que les valeurs moyennes de la densité de flux thermique et des températures prises sur une durée suffisante donnent une bonne estimation du régime stationnaire. Cette méthode est justifiée si

- 1) les propriétés thermiques des matériaux et les coefficients de transfert thermique surfaciques sont constants dans la gamme des températures observées pendant la mesure;
- 2) la variation de la quantité de chaleur accumulée dans l'élément est négligeable en comparaison de la quantité de chaleur ayant traversé l'élément.

Cette méthode est largement utilisée, mais peut demander de longues périodes de mesurage et donner des résultats erronés dans certains cas.

c) utiliser une théorie dynamique tenant compte des fluctuations de la densité de flux thermique et des températures pour l'analyse des données.

NOTE 1 Les températures des milieux adjacents à l'élément, mentionnées dans la définition du coefficient de transmission thermique, ne sont pas définies précisément dans l'ISO 7345. Leur définition exacte dépend de l'utilisation subséquente du coefficient de transmission thermique et peut être différente dans des pays différents (voir annexe A).

Page blanche

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 9869:1994

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/68ac9e4a-a02b-48c4-a8e0-c33cec4c1693/iso-9869-1994>

# Isolation thermique — Éléments de construction — Mesurage in situ de la résistance thermique et du coefficient de transmission thermique

## 1 Domaine d'application

### 1.1 Limites d'application

La présente Norme internationale prescrit la méthode fluxmétrique pour le mesurage des propriétés de transfert thermique de composants de bâtiment plans, formés essentiellement de couches de matériaux opaques perpendiculaires au flux de chaleur et ne présentant pas de flux thermique latéral.

Elle n'est pas prévue en tant que méthode de haute précision pouvant remplacer les instruments de laboratoires tels que calorimètre, boîtes chaudes.

Les propriétés mesurables sont

- a) la résistance thermique,  $R$ , et la conductance thermique,  $\Lambda$ , de surface à surface;
- b) la résistance thermique totale,  $R_T$ , et le coefficient de transmission thermique,  $U$ , d'environnement à environnement si les températures ambiantes des deux milieux sont bien définies.

La méthode de mesurage fluxmétrique convient également pour des composants constitués de couches quasi-homogènes perpendiculaires au flux de chaleur, pour autant que les dimensions d'une quelconque non-homogénéité, à proximité immédiate du fluxmètre, soit beaucoup plus petites que la dimension latérale de ce dernier et qu'elles ne soient pas un pont thermique pouvant être détecté par thermographie infrarouge (voir 6.1.1). Pour les autres composants, une transmittance thermique moyenne peut être obtenue en utilisant un calorimètre ou en effectuant la moyenne sur des mesurages de plusieurs fluxmètres.

## 1.2 Contenu de la présente Norme internationale

La présente Norme internationale décrit l'instrumentation, la procédure de calibrage des instruments, les procédures d'installation et de mesurage, l'analyse des données, y compris la correction des erreurs systématiques et le protocole de mesure.

### 1.3 Qualifications du personnel

La méthode de mesurage fluxmétrique demande un personnel ayant une expérience et des connaissances particulières dans les domaines de la technique et la physique des bâtiments, ainsi qu'en techniques de mesurage.

## 2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 6781:1983, *Isolation thermique — Détection qualitative d'irrégularités thermiques dans des enveloppes de bâtiments — Méthode infrarouge.*

ISO 6946-1:1986, *Isolation thermique — Règles de calcul — Partie 1: Propriétés thermiques des compo-*

sants et éléments de bâtiment en régime stationnaire.

ISO 7345:1987, *Isolation thermique — Grandeurs physiques et définitions.*

ISO 8301:1991, *Isolation thermique — Détermination de la résistance thermique et des propriétés connexes en régime stationnaire — Méthode fluxmétrique.*

ISO 8302:1991, *Isolation thermique — Détermination de la résistance thermique et des propriétés connexes en régime stationnaire — Méthode de la plaque chaude gardée.*

ISO 8990:—<sup>1)</sup>, *Isolation thermique — Détermination des propriétés de transmission thermique en régime stationnaire — Méthodes à la boîte chaude gardée et calibrée.*

### 3 Termes, symboles et unités

Les termes, les symboles et les unités utilisés sont conformes à l'ISO 7345. Les termes les plus utilisés dans la présente Norme internationale sont rappelés ci-dessous. L'ISO 7345 doit être consultée si on désire une description plus détaillée.

$\Phi$	flux thermique	[W]
$A$	surface	[m <sup>2</sup> ]
$q$	densité de flux thermique = $\Phi/A$	[W/m <sup>2</sup> ]
$T_i$	température ambiante intérieure	[°C ou K]
$T_e$	température ambiante extérieure	[°C ou K]
$T_{si}$	température de surface intérieure de l'élément	[°C ou K]
$T_{se}$	température de surface extérieure	[°C ou K]

Les températures ambiantes doivent correspondre à celles utilisées dans la définition adoptée pour le coefficient de transmission thermique (voir annexe A).

Les symboles spéciaux suivants sont utilisés dans les articles 7 et 8 :

$\rho$	densité d'un matériau	[kg/m <sup>3</sup> ]
$d$	épaisseur d'une couche	[m]
$c$	chaleur spécifique	[J/(kg·K)]
$C$	capacité thermique d'une couche: $C = \rho cd$	[J/(m <sup>2</sup> ·K)]
$F_i, F_e$	facteurs de correction calculés par l'équation (8) pour tenir compte de la chaleur accumulée	[J/(m <sup>2</sup> ·K)]
$e$	erreur opérationnelle (d'un fluxmètre installé): erreur relative entre le flux de chaleur mesuré et théorique	[sans dimension]

En régime stationnaire, les propriétés thermiques des éléments ont les définitions suivantes:

$R$  est la résistance thermique d'un élément, de surface à surface et est donnée par

$$R = \frac{T_{si} - T_{se}}{q} = \frac{1}{\Lambda} \quad \dots (1)$$

où  $\Lambda$  est la conductance thermique de l'élément de construction, de surface à surface.

$U$  est le coefficient de transmission thermique de l'élément, d'environnement à environnement et est donné par

$$U = \frac{q}{(T_i - T_e)} = \frac{1}{R_T} \quad \dots (2)$$

où  $R_T$  est la résistance thermique totale, qui est donnée par

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \quad \dots (3)$$

où  $R_{si}$  et  $R_{se}$  sont les résistances thermiques superficielles, respectivement interne et externe.

$R$  et  $R_T$  s'expriment en mètres carrés kelvin par watt (m<sup>2</sup>·K/W);  $U$  et  $\Lambda$  s'expriment en watts par mètre carré kelvin [W/(m<sup>2</sup>·K)].

## 4 Appareillage

### 4.1 Fluxmètre

Le fluxmètre est un transducteur donnant un signal électrique qui est fonction directe du flux thermique qui le traverse.

1) À publier.



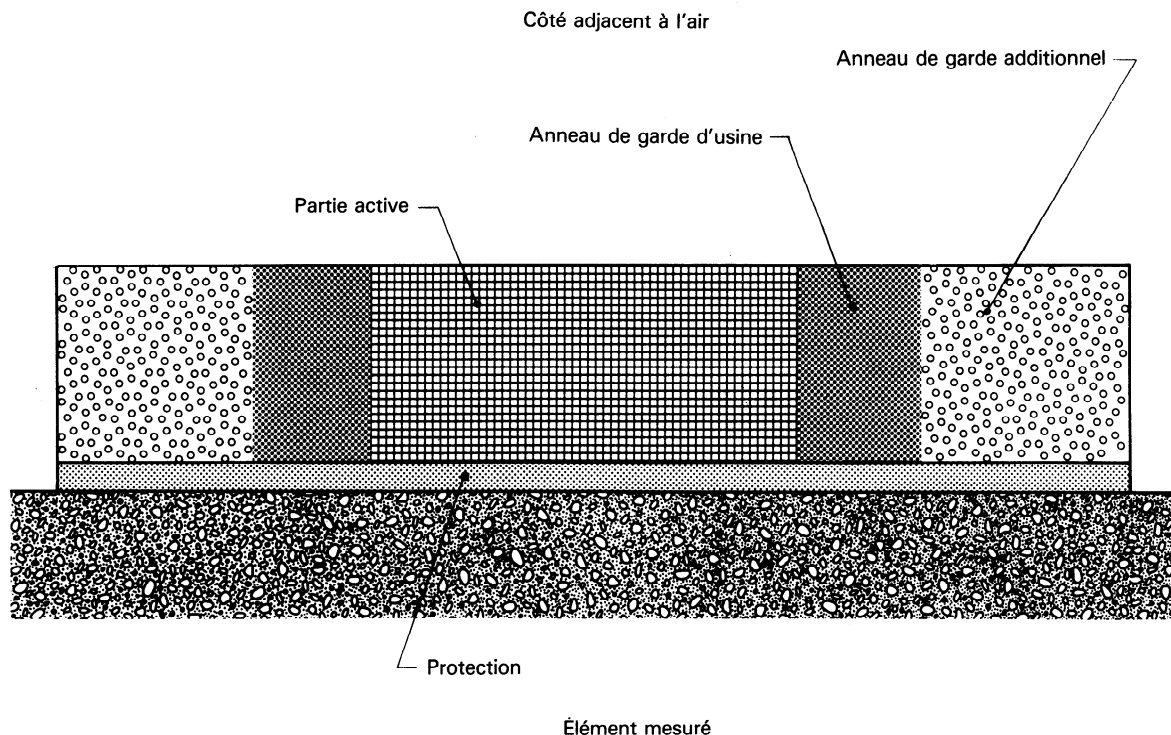


Figure 1 — Coupe d'un fluxmètre typique montrant ses diverses parties (l'échelle verticale est agrandie)

La plupart des fluxmètres sont construits d'une mince plaque thermiquement résistante comportant des capteurs de température arrangés de façon que le signal électrique donné par ces capteurs soit directement lié au flux thermique traversant la plaque (voir figure 1). Le fluxmètre peut être recouvert de couches de protection. Des plaques ou des feuilles conductrices métalliques sont parfois utilisées pour améliorer ou simplifier les mesures, mais elles doivent être placées de manière à ne pas rendre les résultats dépendants des propriétés thermiques de l'élément mesuré (voir annexe D). La surface de la partie active du fluxmètre est souvent plus petite que la surface totale du fluxmètre.

Les propriétés essentielles d'un fluxmètre sont qu'il doit avoir une faible résistance thermique pour minimiser la perturbation causée par le fluxmètre et une sensibilité propre à donner un signal permettant la mesure des plus petits flux thermiques envisageables. Ce signal doit être une fonction monotone de la densité de flux thermique. Les variations de ce signal avec la conductivité thermique du matériau sous-jacent, la température du fluxmètre ou d'autres grandeurs physiques, telles les contraintes mécaniques, le rayonnement électromagnétique, etc. doivent être prises en compte (voir article 5).

Des informations plus détaillées sur la structure des fluxmètres se trouvent dans l'ISO 8301.

#### 4.2 Capteurs de température

Ces capteurs sont des transducteurs donnant un signal électrique qui est fonction monotone de leur température. La mesure nécessite au moins deux capteurs de température, un de chaque côté de l'élément mesuré.

Les bons capteurs de température ont une précision telle que l'erreur sur la différence de température entre les deux faces de l'élément est faible en comparaison de cette différence de température. Les effets du flux thermique traversant les capteurs ou d'autres grandeurs physiques, telles que des contraintes mécaniques, le rayonnement électromagnétique, etc. doivent être pris en compte (voir article 5).

Des thermocouples fins ou des thermomètres à résistance plats conviennent comme capteurs de température de surface (pour le mesurage de résistances ou de conductances). Il est possible, pour ce type de mesurages, d'incorporer un ou plusieurs capteurs à l'une des faces du fluxmètre, la face qui sera en contact avec la surface de l'élément mesuré.

Les capteurs de température ambiante (pour le mesurage du coefficient de transmission thermique) doivent être choisis en fonction de la température à mesurer. Par exemple, si le coefficient de transmission thermique est défini par le quotient de la densité

de flux thermique à la différence de température de l'air, des capteurs de température d'air seront choisis. Ces capteurs comportent des écrans thermiques contre le rayonnement du soleil ou d'autres sources de chaleur et sont ventilés. D'autres capteurs peuvent mesurer la température sol-air, la température de confort, etc. (voir annexe A).

## 5 Procédure de calibrage

### 5.1 Calibrage du fluxmètre

Le facteur de calibrage du fluxmètre (à savoir, la densité de flux thermique pour un signal unité) peut changer en fonction de la température, de la conductivité thermique du matériau sur lequel le fluxmètre est placé et du flux thermique lui-même. De ce fait, le facteur de calibrage d'un nouveau type de fluxmètre doit être évalué au moyen d'une méthode de mesurage absolue telle que la méthode de la plaque chaude gardée (ISO 8302) ou d'un fluxmètre (ISO 8301) sur divers matériaux, à diverses températures et densités de flux thermique. Le fluxmètre est placé, avec sa protection et entouré d'un anneau de garde de résistance thermique moyenne similaire et de même épaisseur, dans l'appareil à plaque chaude gardée. Le côté du fluxmètre qui sera adjacent à l'élément à mesurer est posé contre un matériau de conductivité thermique connue et l'autre côté, qui sera dans l'air, est recouvert d'une couche de matériau isolant (conductivité thermique inférieure à 0,04 W/m·K).

La procédure de calibrage doit être telle que le facteur de calibrage soit connu avec une précision de  $\pm 2\%$  dans les conditions usuelles d'emploi. Les densités de flux thermique ainsi que les gammes de températures et de conductivités thermiques des matériaux doivent couvrir les valeurs couramment rencontrées en pratique.

Étant donné que le fluxmètre n'est pas homogène sur une grande partie de sa surface active, un soin extrême doit être apporté à son calibrage. Calibrer le fluxmètre entre un matériau de conductivité thermique connue et un matériau isolant définit avec précision les conditions limites qui, cependant, ne sont pas les conditions limites rencontrées avec le fluxmètre lors de mesurages. Si le fluxmètre était calibré par la méthode de la boîte chaude, les conditions limites seraient semblables à celles rencontrées dans la pratique, mais pas bien définies. Dans ce cas, les corrections décrites en 8.2 sont différentes.

#### 5.1.1 Calibrage de fluxmètres de type nouveau

Un ensemble de courbes de calibrage ou une équation doit être présenté (facteur de calibrage en fonction de la température moyenne, de la conductivité thermique du matériau sous-jacent et, éventuellement, de la densité de flux thermique) pour tout nouveau type de fluxmètre ou pour tout fluxmètre modifié (par exemple, nouvelle feuille de protection ou nouvel anneau de garde fixe).

Le calibrage doit être effectué à trois densités de flux thermique différentes (par exemple, 3 W/m<sup>2</sup>, 10 W/m<sup>2</sup> et 20 W/m<sup>2</sup>), de manière à vérifier la linéarité de la réponse du fluxmètre en fonction de  $q$ . Si la relation n'est pas linéaire, d'autres densités de flux thermique supplémentaires doivent être utilisées et la fonction exacte doit être prise en compte pour les mesurages.

Le calibrage doit être effectué à un minimum de deux températures (limites minimum et maximum). Si les deux résultats présentent une différence significative, un troisième point doit être mesuré à température moyenne pour vérifier la linéarité de la relation entre le facteur de calibration et la température. Si cette relation n'est pas linéaire, d'autres températures doivent être appliquées de façon à obtenir la dépendance du facteur de calibrage en fonction de la température.

La procédure complète de calibrage doit être effectuée avec le fluxmètre placé sur au moins deux matériaux (un isolant et un conducteur thermique). Si le facteur de calibrage montre une dépendance quelconque en fonction de ce paramètre, d'autres matériaux doivent être utilisés de manière à obtenir la fonction complète entre le facteur de calibrage et la conductivité thermique du matériau sous-jacent.

NOTE 2 Une procédure de calibrage partielle peut être suivie si le fluxmètre est utilisé seulement pour une application spécifique. Dans ce cas, il peut être calibré seulement sur le matériau sur lequel il sera installé et/ou seulement pour la température prévue.

Le fluxmètre doit être testé pour les caractéristiques suivantes:

- zéro: un signal non nul pour un flux thermique nul (fluxmètre placé dans un milieu isotherme) peut être dû à une mauvaise connexion électrique, et doit être éliminé;
- les effets des contraintes mécaniques sur le facteur de calibrage. Ces effets doivent être négligeables dans la gamme des contraintes parallèles et perpendiculaires possibles pendant les mesurages;

- c) les effets du rayonnement électromagnétique (50 Hz à 60 Hz, radio). Ces effets doivent être négligeables dans la gamme des champs électromagnétiques observés en pratique.

### 5.1.2 Calibrage d'un fluxmètre de type connu

Si les effets mentionnés ci-dessus sont bien connus pour le fluxmètre à calibrer, le facteur de calibrage sera mesuré pour un flux thermique, à une température proche de sa température d'usage et sur un matériau de construction courant.

Tous les deux ans, ou plus fréquemment si nécessaire, le facteur de calibrage doit être vérifié par un mesurage à une température sur un matériau. Le vieillissement des matériaux du fluxmètre ou la délamination des couches peut causer une dérive du facteur de calibrage. Si la variation relative du facteur de calibrage est supérieure à 2 %, une procédure de calibrage complète doit être suivie.

Dans tous les cas, une correction doit être appliquée aux résultats des mesures lorsque le facteur de calibrage varie de plus de  $\pm 2\%$  dans le domaine des conditions d'emploi du fluxmètre.

## 5.2 Capteurs de température

La procédure de calibrage doit être telle que la différence de température entre une paire de capteurs soit déterminée avec une précision meilleure que  $\pm 2\%$  et que la température puisse être mesurée avec une précision meilleure que 0,5 K. Si la différence de température est obtenue par soustraction de deux températures, les capteurs doivent être calibrés à une précision de  $\pm 0,1$  K.

Les capteurs de température de surface et d'air seront calibrés pour plusieurs températures dans une gamme convenable (pratiquement de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  à  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) dans un fluide bien brassé (par exemple, eau ou air) contenu dans une enceinte bien isolée, par comparaison avec un thermomètre de référence dont la précision soit meilleure que 0,1 K. Les capteurs manufacturés pour lesquels cette précision est garantie peuvent être utilisés sans calibrage.

Une procédure spéciale doit être suivie pour les capteurs mesurant la température ambiante, procédure adaptée à la température à mesurer.

Les effets des contraintes mécaniques et des radiations électromagnétiques (rayonnements solaire et thermique, 50 Hz à 60 Hz, ondes radio) d'intensités raisonnables doivent être examinés et éliminés si l'amplitude des perturbations dépasse les niveaux de précision mentionnés ci-dessus.

## 5.3 Équipement de mesure

L'équipement de lecture des signaux donnés par les capteurs de mesure doit être, lui aussi, calibré. Dans ce but, des étalons de tension et de résistance remplacent les fluxmètres et les capteurs de température.

# 6 Mesurages

## 6.1 Installation de l'appareillage

### 6.1.1 Localisation de la zone mesurée

Les capteurs (fluxmètres et thermomètres) doivent être installés en fonction du but de la mesure. L'(les) emplacement(s) approprié(s) peut(peuvent) être identifié(s) par thermographie (conformément à l'ISO 6781). Les capteurs seront installés de telle sorte qu'un résultat représentatif de l'élément dans son ensemble puisse être garanti.

NOTE 3 Il peut être utile d'installer plusieurs fluxmètres de manière à obtenir une moyenne représentative.

Les fluxmètres ne doivent pas être installés à proximité de ponts thermiques, de fissures ou autres sources semblables d'erreurs. Les fluxmètres ne doivent pas se trouver sous l'influence directe d'une source de chaleur ou d'un circuit de refroidissement ou du flux d'air d'un ventilateur.

Il conviendrait de protéger la surface extérieure de l'élément de la pluie, de la neige et du rayonnement solaire direct. À cette fin, un écran artificiel peut être utilisé.

### 6.1.2 Installation du fluxmètre

Les dimensions du fluxmètre sont choisies en fonction de la structure de l'élément mesuré. Pour des éléments homogènes, n'importe quelle dimension raisonnable convient, mais des corrections peuvent s'avérer nécessaires (voir article 8). Si le fluxmètre est appliqué sur un élément qui présente des flux de chaleur latéraux, il convient de vérifier (par exemple par le calcul), que le signal du fluxmètre est proportionnel au flux thermique moyen traversant l'élément.

Le fluxmètre (avec ses éventuels capteurs de température de surface) est installé directement sur la face de l'élément adjacent à la température la plus stable. Le fluxmètre doit être en contact thermique direct avec la surface de l'élément par l'intermédiaire de la totalité de la surface du capteur. À cette fin, une fine couche de pâte de contact thermique peut être utilisée.



Un anneau de garde, fait en un matériau ayant des propriétés thermiques semblables à celles du fluxmètre et de même épaisseur, peut être installé autour du fluxmètre.

### 6.1.3 Capteurs de température

Des capteurs de température de surface sont utilisés pour mesurer la résistance (ou la conductance) thermique. Si le capteur de température de surface intérieur n'est pas incorporé au fluxmètre, il est placé sur la surface intérieure, soit sous le fluxmètre soit dans son voisinage immédiat. Le capteur de température de surface extérieur est monté sur la surface extérieure en face du fluxmètre.

Les deux capteurs de température de surface sont montés de manière à assurer un bon contact thermique entre la surface et le capteur, y compris 0,1 m de fils de connexion.

NOTE 4 Pour obtenir des résultats précis, il est recommandé que le fluxmètre et les capteurs de température de surface aient la même couleur et la même émissivité que leur environnement immédiat. Ceci est particulièrement important si les capteurs sont exposés au rayonnement solaire.

Pour mesurer la valeur  $U$  ou la résistance totale, on installe des capteurs de température ambiante. Ces capteurs doivent mesurer la température utilisée dans la définition de la valeur  $U$ . Ils sont choisis dans ce but et installés de manière appropriée des deux côtés de l'élément mesuré (voir annexe A).

La durée de mesure peut être fortement réduite si les températures des deux côtés de l'élément, mais spécialement du côté où le fluxmètre est installé, sont stables avant et pendant la mesure.

## 6.2 Acquisition des données

Les signaux électriques provenant des fluxmètres et des capteurs de température doivent être enregistrés en continu ou à intervalles fixes pendant une durée comprenant plusieurs jours entiers. L'intervalle maximum entre les enregistrements et la durée minimum d'enregistrement dépendent de plusieurs facteurs:

- de la nature de l'élément (construction légère ou lourde, isolation intérieure ou extérieure);
- des températures intérieure et extérieure (moyennes et fluctuations avant et pendant les mesures);
- de la méthode d'analyse utilisée.

La durée de mesure minimum est de 72 h (3 jours) si la température autour du fluxmètre est stable. Cette

durée peut excéder 7 jours dans le cas contraire. Toutefois, la durée de mesure peut être déterminée en appliquant divers critères aux valeurs obtenues pendant l'expérience. Ces résultats intermédiaires doivent être obtenus sans interrompre l'acquisition des données.

Il est utile d'enregistrer les données de manière à pouvoir les introduire dans un ordinateur pour l'analyse. Il est recommandé d'enregistrer à intervalles fixes les valeurs moyennes de plusieurs mesures échantillonnées à intervalles plus brefs.

L'intervalle entre enregistrements dépend de la méthode utilisée pour l'analyse (voir article 7). Il est généralement compris entre 0,5 h et 1 h pour la méthode des moyennes, mais peut être plus bref si on désire utiliser la méthode dynamique.

L'intervalle d'échantillonnage doit être plus court que la moitié de la constante de temps la plus faible des capteurs.

## 7 Analyse des données

Deux méthodes peuvent être utilisées pour l'analyse des données en accord avec la présente Norme internationale. Il s'agit de la méthode dite de la moyenne, qui est simple, et de la méthode dynamique, qui est plus complexe mais qui donne un critère de qualité de la mesure effectuée et qui peut raccourcir considérablement la durée de la mesure pour des éléments lourds soumis à des températures intérieures et extérieures variables.

La méthode de la moyenne est décrite ci-dessous, alors que la méthode dynamique est donnée en annexe B.

### 7.1 Méthode de la moyenne

Cette méthode suppose que la conductance ou le coefficient de conduction thermique peuvent être obtenus en divisant la densité de flux thermique moyen par la différence de température moyenne, la moyenne étant prise sur une durée suffisamment grande. Si l'indice  $j$  dénombre les mesures prises à chaque enregistrement, un estimateur de la résistance est alors obtenu par

$$R = \frac{\sum_{j=1}^n (T_{sij} - T_{sej})}{\sum_{j=1}^n q_j} \quad \dots (4)$$

un estimateur de la conductance par