

PROJET DE NORME INTERNATIONALE

ISO/DIS 21901

ISO/TC 163/SC 1

Secrétariat: DIN

Début de vote:
2020-04-16

Vote clos le:
2020-07-09

Isolation thermique — Méthode d'essai pour la diffusivité thermique — Méthode de chauffage périodique

Thermal insulation — Test method for thermal diffusivity — Periodic heat method

ICS: 27.220

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/PRF 21901](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fa505272-5f19-4c64-954e-f4db22087cfe/iso-prf-21901)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fa505272-5f19-4c64-954e-f4db22087cfe/iso-prf-21901>

CE DOCUMENT EST UN PROJET DIFFUSÉ POUR OBSERVATIONS ET APPROBATION. IL EST DONC SUSCEPTIBLE DE MODIFICATION ET NE PEUT ÊTRE CITÉ COMME NORME INTERNATIONALE AVANT SA PUBLICATION EN TANT QUE TELLE.

OUTRE LE FAIT D'ÊTRE EXAMINÉS POUR ÉTABLIR S'ILS SONT ACCEPTABLES À DES FINS INDUSTRIELLES, TECHNOLOGIQUES ET COMMERCIALES, AINSI QUE DU POINT DE VUE DES UTILISATEURS, LES PROJETS DE NORMES INTERNATIONALES DOIVENT PARFOIS ÊTRE CONSIDÉRÉS DU POINT DE VUE DE LEUR POSSIBILITÉ DE DEVENIR DES NORMES POUVANT SERVIR DE RÉFÉRENCE DANS LA RÉGLEMENTATION NATIONALE.

LES DESTINATAIRES DU PRÉSENT PROJET SONT INVITÉS À PRÉSENTER, AVEC LEURS OBSERVATIONS, NOTIFICATION DES DROITS DE PROPRIÉTÉ DONT ILS AURAIENT ÉVENTUELLEMENT CONNAISSANCE ET À FOURNIR UNE DOCUMENTATION EXPLICATIVE.

Le présent document est distribué tel qu'il est parvenu du secrétariat du comité.



Numéro de référence
ISO/DIS 21901:2020(F)

© ISO 2020

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO/PRF 21901

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fa505272-5f19-4c64-954e-f4db22087cfe/iso-prf-21901>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2020

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en oeuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée 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 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Geneva
Tél.: +41 22 749 01 11
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Website: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire	Page
Avant-propos	4
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles	3
5 Principe	4
5.1 Généralités	4
5.2 Calcul de la diffusivité thermique et de la conductivité thermique	4
6 Éprouvette	6
6.1 Échantillon	6
6.2 Caractéristiques détaillées de l'éprouvette	6
6.3 Usinage de l'éprouvette	7
7 Appareillage	9
7.1 Généralités	9
7.2 Instrument de mesure de la température	9
8 Mode opératoire	10
8.1 Arrondi des nombres	10
8.2 Période de variation de la température	10
8.3 Amplitude de variation de la température	10
8.4 Méthode de mesure	10
8.5 Calcul de la diffusivité thermique	11
8.6 Calcul de la conductivité thermique	11
9 Rapport d'essai	11
Annexe A (informative) Taille de l'éprouvette et période de variation de la température	13
Annexe B (informative) Considérations relatives au mesurage	17
Bibliographie	18

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 attirée 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 nature volontaire des normes, 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'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant : www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 163, [*Performance thermique et utilisation de l'énergie en environnement bâti*], sous-comité SC 1, [*Méthodes d'essais et de mesurage*].

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Isolation thermique — Méthode d'essai pour la diffusivité thermique — Méthode de chauffage périodique

1 Domaine d'application

La présente norme spécifie une méthode de chauffage périodique pour mesurer la diffusivité thermique des matériaux isolants thermiques sous forme de plaque plane.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. 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 8302:1991, *Isolation thermique — Détermination de la résistance et des propriétés connexes en régime stationnaire — Méthode de la plaque chaude gardée*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

La liste ci-dessous est toujours incluse après chaque option.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes :

- ISO Online browsing platform : disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia : disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

3.1

phase

grandeur qui représente l'état d'avancement au cours d'une période de mouvement ondulatoire et autre phénomène périodique. Par exemple, $\omega t + \phi_1$ correspond à la phase dans $y = A \sin(\omega t + \phi_1)$

3.2

déphasage

différence entre deux phases résultant de variations périodiques de la température mesurées en deux points différents sur la surface et à l'intérieur d'une éprouvette. Par exemple, lorsque les variations périodiques de la température 1 et 2 sont données par $y_1 = A_1 \sin(\omega t + \phi_1)$ et $y_2 = A_2 \sin(\omega t + \phi_2)$, respectivement, le déphasage entre elles est $\phi_2 - \phi_1$

3.3

amplitude

moitié de la différence entre les valeurs maximale et minimale de la quantité de déplacement au cours d'une variation périodique de la température. Par exemple, dans une onde sinusoïdale donnée par $A\sin(\omega t + \phi)$ ou $A\exp[i(\omega t + \phi)]$, A fait référence à l'amplitude

3.4

rapport d'amplitude

rapport de deux amplitudes résultant de variations périodiques de la température mesurées en un point quelconque sur la surface et à l'intérieur d'une éprouvette. Par exemple, lorsque les variations périodiques de la température y_1 sur la surface et y_2 à l'intérieur de l'éprouvette sont données par $y_1 = A_1 \sin(\omega t + \phi_1)$ et $y_2 = A_2 \sin(\omega t + \phi_2)$, respectivement, le rapport d'amplitude entre les deux amplitudes est A_2/A_1

3.5

période

intervalle de reproduction d'un phénomène périodique (ou d'une fonction périodique). Lorsque l'intervalle de temps est constant, la période f est donnée par $f = 1/\nu = 2\pi/\omega$, où ν est la fréquence et ω est la fréquence angulaire

3.6

fréquence

nombre de répétitions du même état dans un intervalle de temps donné d'un phénomène périodique temporel quelconque, qui est exprimé par $\nu = 1/f$, où f est la période

3.7

fréquence angulaire

angle de rotation par seconde. La fréquence angulaire est obtenue en multipliant la fréquence ν par 2π ($2\pi\nu$) ou en multipliant l'inverse de la période f par 2π ($2\pi/f$)

3.8

longueur d'onde

distance d'un point au point suivant correspondant à un état qui est répété au cours d'une fluctuation

3.9

température moyenne d'une éprouvette

moyenne arithmétique de la température moyenne d'une surface à haute température au cours d'une période et de la température moyenne d'une surface à basse température au cours de la même période

3.10

différence de température d'une éprouvette

différence de température entre la température moyenne d'une surface à haute température au cours d'une période et la température moyenne d'une surface à basse température au cours de la même période

4 Symboles

Les symboles utilisés dans la présente norme sont indiqués dans le Tableau 1.

Tableau 1 — Symboles

Symbole	Grandeur	Unité
a	Diffusivité thermique	m ² /s
c	Capacité thermique spécifique	J/(kg · K)
d	Épaisseur de l'éprouvette (épaisseur totale des deux éprouvettes en cas d'utilisation de deux éprouvettes empilées pour un mesurage)	m
f	Période	s
i	Unité imaginaire	-
k	Coefficient d'amortissement	1/m
L	Longueur d'un côté de l'éprouvette	m
l	Distance par rapport à la surface de chauffage périodique ($d - x_m$)	m
m	Masse avant de mesurer la diffusivité thermique (avant rainurage)	kg
T	Température absolue	K
V	Volume avant de mesurer la diffusivité thermique (avant rainurage)	m ³
x	Coordonnée x	m
x_m	Emplacement d'un point de mesure de la température à l'intérieur d'une éprouvette	m
ε	Déphasage sur une surface $x = 0$	rad
η	Phase arbitraire	rad
θ	Température	°C
λ	Conductivité thermique	W/(m · K)
ν	Fréquence	1/s
π	Constante circulaire	-
ρ	Masse volumique, masse volumique apparente	kg/m ³
φ	Déphasage sur une section $x = x_m$	rad
ω	Fréquence angulaire	1/s

5 Principe

5.1 Généralités

La méthode de chauffage périodique est une méthode qui permet d'obtenir la diffusivité thermique en mesurant la température en deux points différents d'une éprouvette. La diffusivité thermique est évaluée au moyen du déphasage entre deux phases obtenues en faisant varier périodiquement la température sur une surface latérale de l'éprouvette. Ici, ces températures sont mesurées en un point quelconque sur la surface chauffante et à l'intérieur (plan interne perpendiculaire à la direction de diffusion thermique) de l'éprouvette.

Cette méthode de mesure utilise une solution de l'équation de la conduction thermique qui est obtenue à condition que la température sur un côté de l'éprouvette varie selon une fonction trigonométrique du temps et que la variation se propage dans une direction unidimensionnelle et, qu'en outre, la température sur le côté opposé soit maintenue constante.

La variation périodique de la température sur la surface chauffée doit nécessairement être exprimée par une fonction trigonométrique du temps.

Il est contraire au principe de mesure de générer une variation déformée de la température sur la surface chauffée. En outre, en réalité, la forme d'onde varie facilement en cas de variation déformée de la température pendant la propagation dans une éprouvette et cela devient une source d'erreurs de mesure.

5.2 Calcul de la diffusivité thermique et de la conductivité thermique

Comme illustré sur la Figure 1, l'axe des abscisses est l'axe vertical vers le haut le long de la direction de l'épaisseur d'une éprouvette, et la surface de dissipation de chaleur (la surface en contact avec l'élément chauffant du côté basse température) de l'éprouvette d'une épaisseur d est prise comme origine, tandis que la surface chauffante est prise à $x = d$. Par conséquent, comme le montre la flèche épaisse, la chaleur circule vers le bas, de la surface chauffante jusqu'à la surface de dissipation de chaleur. La température est maintenue constante sur la surface de dissipation de chaleur, tandis que la température de la surface chauffante est modifiée périodiquement selon la formule $\theta_H + \theta_0 \sin(\omega t + \eta)$. Dans ces conditions, le déphasage (rad) entre le point situé à $x = d$ et un point arbitraire situé à $x = x_m$ est obtenu en résolvant l'équation de la conduction thermique unidimensionnelle. On obtient donc la Formule (1) suivante (voir la Figure 2).

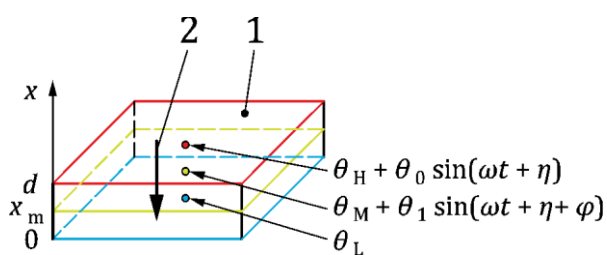


Figure 1 — Relation entre l'éprouvette et la coordonnée (flux thermique unidimensionnel, dans le cas où θ_L est maintenue constante)

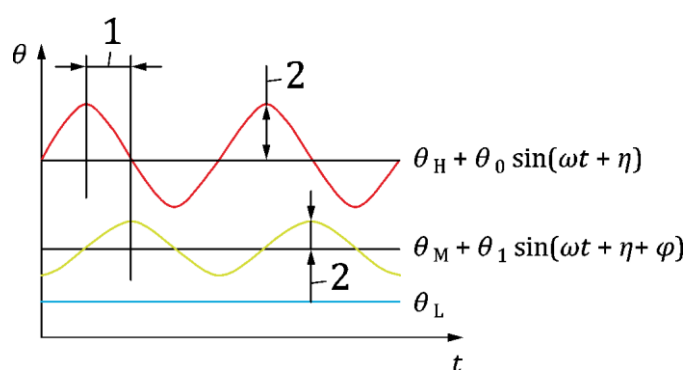


Figure 2 — Variation périodique de la température, dans le cas où θ_L est maintenue constante

$$\phi = \arg \left\{ \frac{\sinh kx_m(1+i)}{\sinh kd(1+i)} \right\} \quad (1)$$

Le coefficient d'amortissement k de la Formule (1) est défini par la Formule (2).

$$k = \sqrt{\frac{\omega}{2a}} \quad (2)$$

De plus, la fréquence angulaire ω est définie par la Formule (3).

$$\omega = \frac{2\pi}{f} \quad (3)$$

Lorsque la Formule (1) est utilisée, la température de surface sur le côté basse température d'une éprouvette doit toujours être réglée de manière à ce qu'elle reste constante.

Si la température varie périodiquement sur le côté basse température, comme décrit sur la Figure 3, il est aussi possible de résoudre le déphasage entre $x = d$ et $x = x_m$ en résolvant l'équation de la conduction thermique unidimensionnelle comme indiqué ci-dessus.

On obtient donc la Formule (4) suivante. Les coefficients utilisés dans la Formule (4) sont illustrés dans les Formules (5), (6), (7) et (8). Le coefficient d'amortissement k et la fréquence angulaire ω sont définis dans les Formules (2) et (3) en 5.2.

Si la température sur le côté basse température est constante, la Formule (4) est égale à la Formule (1) en 5.2.

$$\phi = \arctan \left\{ \frac{\theta_{1H} \sin(\varphi_H) + \theta_{1L} \sin(\varphi_L + \varepsilon)}{\theta_{1H} \cos(\varphi_H) + \theta_{1L} \cos(\varphi_L + \varepsilon)} \right\} \begin{cases} 0 & \text{if } \theta_{1H} \cos(\varphi_H) + \theta_{1L} \cos(\varphi_L + \varepsilon) \geq 0, \\ \pi & \text{if } \theta_{1H} \cos(\varphi_H) + \theta_{1L} \cos(\varphi_L + \varepsilon) < 0, \end{cases} \quad (4)$$

$$\theta_{1H} = \theta_0 \sqrt{\frac{\cosh(2kx_m) - \cos(2kx_m)}{\cosh(2kd) - \cos(2kd)}} \quad (5)$$

$$\theta_{1L} = \theta_2 \sqrt{\frac{\cosh(2kl) - \cos(2kl)}{\cosh(2kd) - \cos(2kd)}} \quad (6)$$

$$\varphi_H = \arg \left(\frac{\sinh \{kx_m(1+i)\}}{\sinh \{kd(1+i)\}} \right) \quad (7)$$

$$\varphi_L = \arg \left(\frac{\sinh \{kl(1+i)\}}{\sinh \{kd(1+i)\}} \right) \quad (8)$$

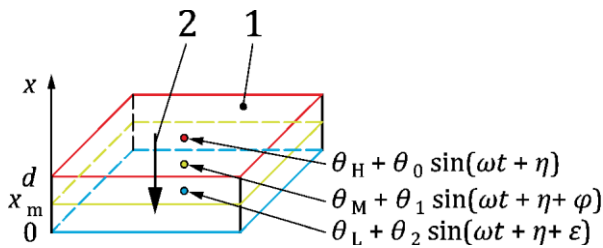


Figure 3 — Relation entre l'éprouvette et les coordonnées (flux thermique unidimensionnel, dans le cas où θ_L est maintenue constante)

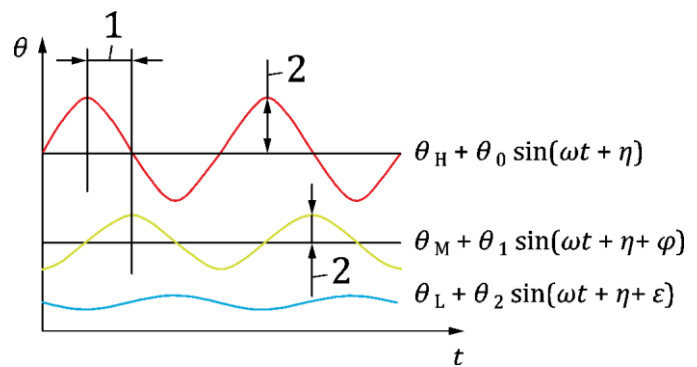


Figure 4 — Variation périodique de la température, dans le cas où θ_L varie périodiquement

6 Éprouvette

6.1 Échantillon

L'éprouvette prélevée sur l'échantillon doit respecter l'homogénéité prescrite dans l'ISO 8302, 1.8.2. Ici, « homogène » signifie que les matières premières, telles que les fibres et particules qui constituent l'éprouvette, sont distribuées uniformément le long de la direction du flux thermique. C'est-à-dire que la distribution des fibres et des particules est indépendante de leur emplacement dans l'éprouvette et qu'il n'y a aucun vide extrême à l'intérieur de l'éprouvette. La méthode de chauffage périodique permet de mesurer la diffusivité thermique de différents types de matériaux isolants fibreux, tels que la fibre céramique, la laine de roche, la fibre de verre et les panneaux fibreux, mais aussi la mousse de styrène, la mousse d'uréthane, la brique et le béton. Cette méthode ne permet toutefois pas de mesurer la diffusivité thermique des matériaux qui subissent une variation de phase, libèrent des gaz, se dilatent ou se rétractent excessivement ou se déforment suite à des phénomènes tels que les fissures.

6.2 Caractéristiques détaillées de l'éprouvette

Les caractéristiques détaillées de l'éprouvette sont les suivantes.

- Les dimensions de l'éprouvette doivent être les mêmes que celles de l'élément chauffant pour le chauffage périodique avec une tolérance dimensionnelle de ± 2 mm par rapport aux dimensions de l'élément chauffant.
- Il convient que la relation entre la longueur L d'un côté et l'épaisseur d de l'éprouvette soit limitée afin de réduire l'erreur due au flux de chaleur entrant (sortant) par les bords de l'éprouvette. Il convient aussi que l'épaisseur minimale d de l'éprouvette soit limitée afin de réduire l'erreur due au diamètre des thermocouples placés sur les surfaces supérieure/médiane/inférieure de l'éprouvette. Par exemple, en cas d'utilisation d'un tube isolant de 3 mm de diamètre, l'épaisseur minimale d est de 20 mm.
- Les surfaces chauffantes et à basse température de l'éprouvette doivent être lisses et, si nécessaire, les éprouvettes en matériaux déformables doivent être maintenues par un cadre ou une entretoise.

- d) L'éprouvette doit être séchée dans un séchoir à $105\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ jusqu'à l'obtention d'une masse constante. Lorsqu'il y a un risque d'altération ou de déformation par la chaleur, l'éprouvette doit être séchée jusqu'à ce qu'elle atteigne une masse constante à une température qui n'entraîne aucune altération, déformation ou autre variation des propriétés.
- e) La masse volumique apparente de l'éprouvette peut être calculée à l'aide de la Formule (9) suivante, basée sur le volume au moment du mesurage de la diffusivité thermique et sur la masse avant ce mesurage.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (9)$$

Il est recommandé que le rapport de la longueur sur la largeur de l'éprouvette (L/d) soit supérieur à 6, car L/d peut avoir une incidence sur les résultats du mesurage. S'il est nécessaire d'utiliser une valeur inférieure de L/d , la précision du mesurage doit être vérifiée avec la méthode décrite dans l'Annexe A.

6.3 Usinage de l'éprouvette

6.3.1 En cas d'utilisation de deux éprouvettes

Préparer deux éprouvettes ayant à peu près la même masse volumique apparente, et réaliser le travail d'usinage requis pour placer les thermocouples pour le mesurage de la température selon le mode opératoire indiqué ci-après. Dans ce cas, l'épaisseur totale de l'éprouvette composée des deux éprouvettes doit être limitée comme décrit en 6.2.

- a) Sur une éprouvette, découper une rainure d'environ 3 mm de largeur et 1,5 mm de profondeur au centre d'une surface, de sorte que la rainure traverse l'éprouvette de part en part (voir la Figure 5a).
- b) Sur l'autre éprouvette, découper une rainure d'environ 3 mm de largeur et 1,5 mm de profondeur, en partant du côté jusqu'au centre de la surface de l'éprouvette. Sur la Figure 5b, la longueur de la rainure est de 60 mm à 65 mm. Découper aussi une rainure de mêmes dimensions sur l'autre surface de sorte que la rainure traverse l'éprouvette de part en part (voir la Figure 5b).
- c) Comme illustré sur la Figure 5c, placer l'éprouvette de la Figure 5a sur l'éprouvette de la Figure 5b, sans laisser d'espace entre elles.