
**Plastiques — Détermination de
la conductivité thermique et de la
diffusivité thermique —**

**Partie 2:
Méthode de la source plane transitoire
(disque chaud)**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Plastics — Determination of thermal conductivity and thermal
diffusivity —*

Part 2: Transient plane heat source (hot disc) method

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/702c5cae-e45e-42bd-bd55-4e086342a927/iso-22007-2-2015>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 22007-2:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/702c5cae-e45e-42bd-bd55-4e086342a927/iso-22007-2-2015>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2015, Publié en Suisse

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
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Principe	3
5 Appareillage	3
6 Éprouvette d'essai	5
6.1 Éprouvettes en masse.....	5
6.2 Éprouvettes en masse anisotropes.....	6
6.3 Éprouvettes en plaque.....	6
6.4 Éprouvettes à pellicules minces.....	7
7 Mode opératoire	7
8 Calcul des propriétés thermiques	9
8.1 Éprouvettes en masse.....	9
8.2 Éprouvettes en masse anisotropes.....	13
8.3 Éprouvettes en plaque.....	14
8.4 Éprouvettes à pellicules minces.....	15
8.5 Éprouvettes à faible conductivité thermique.....	16
8.5.1 Remarques générales.....	16
8.5.2 Éprouvettes en masse à faible conductivité thermique.....	16
8.5.3 Éprouvettes en masse anisotropes à faible conductivité thermique.....	18
8.5.4 Éprouvettes à pellicules minces à faible conductivité thermique.....	18
9 Étalonnage et vérification	19
9.1 Étalonnage de l'appareil.....	19
9.2 Vérification de l'appareil.....	19
10 Fidélité et biais	19
11 Rapport d'essai	20
Bibliographie	21

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](http://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/702c3cae-e45c-42bd-bd55-4e086342a927/iso-22007-2-2015).

Le comité responsable de ce document est ISO/TC 61, *Plastiques*, sous-comité SC 5, *Propriétés physico-chimiques*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 22007-2:2008), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- a) Les valeurs de conductivité indiquées dans le domaine d'application ont été révisées;
- b) Le coefficient de sensibilité a été révisé (3.3);
- c) La gamme d'épaisseur des éprouvettes à pellicules minces a été modifiée (6.4);
- d) Des éprouvettes à faible conductivité ont été spécifiées (8.5);
- e) La fidélité et le biais ont été adaptés (10.2);
- f) La bibliographie a été étendue;
- g) Les références normatives ont été mises à jour et la norme a été révisée sur le plan éditorial.

L'ISO 22007 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Plastiques — Détermination de la conductivité thermique et de la diffusivité thermique*:

- *Partie 1: Principes généraux*
- *Partie 2: Méthode de la source plane transitoire (disque chaud)*
- *Partie 3: Méthode par analyse de l'oscillation de la température*

- *Partie 4: Méthode flash laser*
- *Partie 5: Résultats d'essais interlaboratoires du poly(méthacrylate de méthyle) [Rapport technique]*
- *Partie 6: Méthode comparative pour faibles conductivités thermiques utilisant une technique de modulation de la température*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 22007-2:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/702c5cae-e45e-42bd-bd55-4e086342a927/iso-22007-2-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/702c5cae-e45e-42bd-bd55-4e086342a927/iso-22007-2-2015>

Introduction

Une intensification significative du développement et les applications de matériaux nouveaux et améliorés pour de larges plages d'applications physiques, chimiques, biologiques et médicales a engendré la nécessité de disposer de meilleures données de performance issues des méthodes de mesurage des propriétés de transmission thermique. L'introduction de méthodes alternatives relativement simples, rapides et de bonne précision serait un grand avantage pour les communautés scientifiques et techniques. [1]

Un certain nombre de techniques de mesurage décrites comme méthodes par contact transitoire ont été développées et plusieurs d'entre elles ont été commercialisées. Ces techniques sont largement utilisées et sont appropriées aux essais de nombreux types de matériaux. Dans certains cas, elles peuvent être utilisées pour mesurer simultanément ou séparément plusieurs propriétés. [2],[3]

Un avantage supplémentaire relatif à certaines de ces méthodes est qu'il est désormais possible de mesurer les propriétés massiques réelles d'un matériau. Cette caractéristique a pour origine la possibilité d'éliminer l'influence de la résistance de contact thermique (voir 8.1.1) présente dans l'interface entre la sonde et les surfaces de l'éprouvette. [1],[3],[4],[5],[6]

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 22007-2:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/702c5cae-e45e-42bd-bd55-4e086342a927/iso-22007-2-2015>

Plastiques — Détermination de la conductivité thermique et de la diffusivité thermique —

Partie 2: Méthode de la source plane transitoire (disque chaud)

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 22007 spécifie une méthode pour déterminer la conductivité thermique et la diffusivité thermique, et de ce fait la capacité calorifique spécifique par unité de volume, des plastiques. Le dispositif expérimental peut être conçu pour s'accorder à différentes tailles d'éprouvette. Les mesurages peuvent être effectués dans des environnements gazeux et sous vide sur une plage de températures et de pressions.

Cette méthode est appropriée aux essais de solides homogènes, isotropes et anisotropes ayant une structure uniaxiale. Il convient que l'homogénéité du matériau s'étende au travers de l'éprouvette et il convient qu'aucune barrière thermique (exceptée celle à côté de la sonde) ne soit présente dans une plage définie par la(es) profondeur(s) de vérification (voir 3.2 ci-dessous).

Cette méthode est appropriée aux matériaux ayant des valeurs de conductivité thermique, λ , comprises dans la plage approximative $0,010 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1} < \lambda < 500 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ et des valeurs de diffusivité thermique, α , comprises dans la plage de $5 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} < \alpha < 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, et pour des températures, T , dans la plage approximative de $50 \text{ K} < T < 1\,000 \text{ K}$.

NOTE 1 La capacité calorifique spécifique par unité de volume, C , peut être obtenue en divisant la conductivité thermique, λ , par la diffusivité thermique, α , c'est-à-dire ($C = \lambda/\alpha$) et se situe approximativement dans la plage de $0,005 \text{ MJ m}^{-3} \text{ K}^{-1} < C < 5 \text{ MJ m}^{-3} \text{ K}^{-1}$. Elle est également appelée chaleur volumique.

NOTE 2 Si l'objectif est de déterminer la résistance thermique ou la conductivité thermique apparente dans la direction de l'épaisseur d'un produit non-homogène (par exemple un panneau fabriqué) ou d'une plaque non-homogène de matière, on se réfère à l'ISO 8301, l'ISO 8302 et l'ISO 472.

Les propriétés de transmission thermique des liquides peuvent être déterminées à condition que des précautions soient prises pour minimiser la convection thermique.

2 Références normatives

Les documents suivants, en tout ou 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 22007-1, *Plastiques — Détermination de la conductivité thermique et de la diffusivité thermique — Partie 1: Principes généraux*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 22007-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1 profondeur de pénétration

Δp_{pen}
mesure de la distance parcourue par l'onde calorifique dans l'éprouvette, dans la direction du flux de chaleur

Note 1 à l'article: Pour cette méthode, la profondeur de pénétration est donnée par

$$\Delta p_{\text{pen}} = \kappa \sqrt{\alpha \cdot t_{\text{tot}}}$$

où

t_{tot} est la durée de mesure totale de l'enregistrement transitoire;

α est la diffusivité thermique du matériau de l'éprouvette;

κ est une constante dépendant de la sensibilité des enregistrements de température.

Note 2 à l'article: La profondeur de pénétration est exprimée en mètres (m).

3.2 profondeur de vérification

Δp_{prob}
mesure de la distance parcourue par l'onde calorifique dans l'éprouvette, dans la direction du flux de chaleur, dans l'intervalle de temps utilisé pour le calcul

Note 1 à l'article: La profondeur de vérification est donnée par

$$\Delta p_{\text{prob}} = \kappa \sqrt{\alpha \cdot t_{\text{max}}}$$

où

t_{max} est la durée maximale de l'intervalle de temps utilisé pour calculer les propriétés de transmission thermique.

Note 2 à l'article: La profondeur de sondage est exprimée en mètres (m).

Note 3 à l'article: Une valeur type pour les mesurages par disque chaud est $\kappa = 2$, qui est appliquée tout au long de la présente partie de l'ISO 22007.

3.3 coefficient de sensibilité

β_q
coefficient défini par la formule

$$\beta_q = q \frac{\partial [\Delta T(t)]}{\partial q}$$

où

q est la conductivité thermique, λ , la diffusivité thermique, α , ou la capacité calorifique spécifique par unité de volume, C ;

$\Delta T(t)$ est l'augmentation moyenne de température de la sonde

Note 1 à l'article: Différents coefficients de sensibilité sont définis pour la conductivité thermique, la diffusivité thermique et la chaleur massique par unité de volume.[Z]

Note 2 à l'article: Afin de définir l'intervalle de temps utilisé pour déterminer la conductivité thermique et la diffusivité thermique à partir d'une seule expérience, la théorie des coefficients de sensibilité est utilisée. Cette théorie, qui traite un grand nombre d'expériences et considère comme variables les constantes, q , a permis d'établir que

$$0,30 < t_{\max} \cdot \alpha / r^2 < 1,0$$

où r est le rayon moyen de la spirale extérieure de la sonde.

Considérant que $\kappa = 2$, cette expression peut s'écrire comme suit:

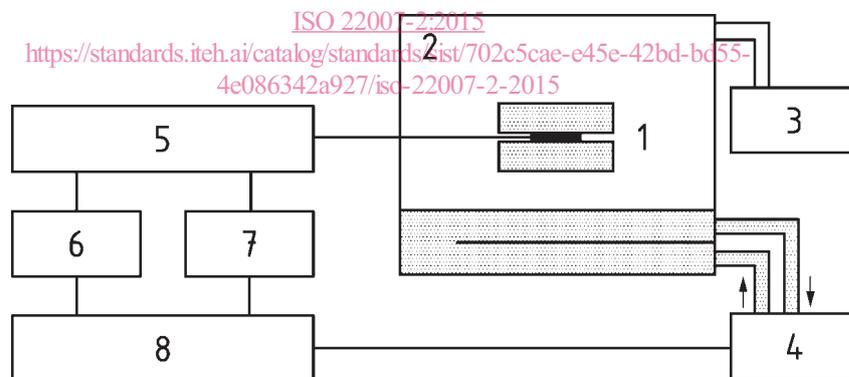
$$1,1r < \Delta p_{\text{prob}} < 2,0r$$

4 Principe

Une éprouvette contenant une sonde avec disque chaud intégrée de chaleur massique négligeable est stabilisée à une température donnée. Un choc thermique sous la forme d'une fonction par échelon est produit par un courant électrique traversant la sonde pour générer un champ de température dynamique au sein de l'éprouvette. L'augmentation de température de la sonde est mesurée comme une fonction du temps. La sonde fonctionne comme un détecteur de température relié à une source de chaleur (c'est-à-dire un détecteur autochauffant). La réponse est alors analysée conformément au modèle élaboré pour la sonde spécifique et les conditions aux limites prévues.

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

5.1 La [Figure 1](#) illustre de façon schématique une sonde avec disque chaud type.



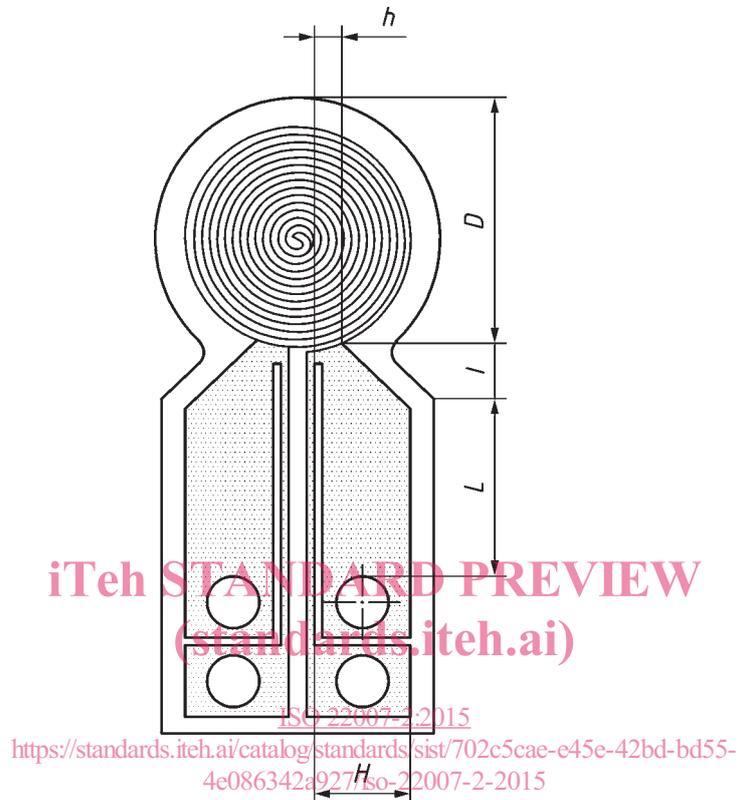
Légende

1	éprouvette avec sonde	5	circuit en pont
2	enceinte	6	voltmètre
3	pompe à vide	7	source de tension
4	thermostat	8	ordinateur

Figure 1 — Schéma de montage de base de l'appareil

5.2 Une sonde à élément chauffant type est montrée à la [Figure 2](#). Des sondes appropriées peuvent être conçues avec des diamètres allant de 2 mm à 200 mm en fonction de la taille de l'éprouvette et des propriétés de transmission thermique du matériau à soumettre à l'essai. La sonde est construite comme un ruban métallique bifilaire en spirale gravé de $(10 \pm 2) \mu\text{m}$ d'épaisseur et recouvert des deux côtés d'une fine pellicule d'isolation (de $7 \mu\text{m}$ à $100 \mu\text{m}$). Il est recommandé d'utiliser du nickel ou du molybdène pour le ruban métallique élément chauffant/détecteur de chaleur du fait du coefficient de température relativement élevé de la résistivité et de la stabilité électrique sur une large plage de températures de

ces matériaux. Il est recommandé d'utiliser du polyimide, du mica, du nitrure d'aluminium ou de l'oxyde d'aluminium pour les pellicules d'isolation en fonction de la température d'utilisation maximale. Les bras de la spirale bifilaire constituant une sonde essentiellement circulaire doivent avoir une largeur de $(0,20 \pm 0,03)$ mm pour les sondes de diamètre total inférieur ou égal à 15 mm et une largeur de $(0,35 \pm 0,05)$ mm pour les sondes de diamètre plus large. La distance entre les extrémités des bras doit être la même que la largeur des bras.



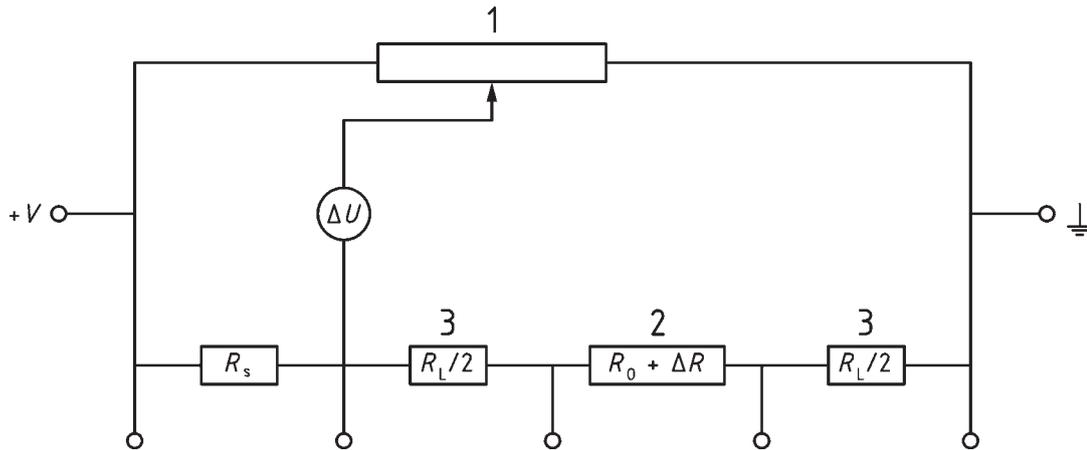
Key

D diamètre du détecteur

NOTE Des diamètres de détecteur compris entre 2 mm et 200 mm peuvent être utilisés de façon pratique, en fonction de la taille de l'éprouvette disponible. Il convient que les distances indiquées sur cette figure soient mesurées dans une unité de longueur quelconque mais la même, lorsqu'elles sont utilisées pour calculer la perte de chaleur au travers des conducteurs électriques selon la Formule (16).

Figure 2 — Sonde à élément chauffant/détecteur en forme de spirale bifilaire

5.3 Un pont électrique doit être utilisé pour enregistrer l'augmentation transitoire de la résistance de la sonde. Au moyen du pont, qui est initialement équilibré, les augmentations successives de résistance de la sonde doivent être suivies par l'enregistrement du déséquilibre du pont avec un voltmètre sensible (voir [Figure 3](#)). Avec cette disposition, la sonde est placée en série avec une résistance, qui doit être conçue de sorte que sa résistance soit maintenue strictement constante sur tout le transitoire. Ces deux composantes sont combinées avec un potentiomètre de précision, dont la résistance doit être environ 100 fois plus grande que la somme des résistances de la sonde et de la résistance série. Le pont doit être relié à une source d'alimentation susceptible de fournir 20 V et un courant allant jusqu'à 1 A. Le voltmètre numérique qui permet d'enregistrer les différences de tension doit avoir une résolution correspondant à 6,5 caractères numériques à un temps d'intégration de 1 cycle de courant porteur. La résistance série, R_S , doit être proche de la résistance initiale de la sonde avec ses conducteurs, $R_0 + R_L$, afin de maintenir la puissance de sortie dans la sonde aussi constant que possible pendant les mesurages.



Légende

1	potentiomètre	R_L	résistance totale des conducteurs de la sonde
2	sonde	R_S	résistance série
3	conducteurs	R_0	résistance initiale de la sonde avant l'initiation du chauffage transitoire
		ΔR	augmentation de la résistance de la sonde pendant la phase de chauffage transitoire
		ΔU	tension déséquilibrée créée par l'augmentation de la résistance de la sonde

NOTE Cette disposition expérimentale permet de déterminer les écarts de température par rapport à la ligne droite itérative (voir le traitement des données expérimentales en 8.1) jusqu'à 50 μK ou plus.

Figure 3 — Diagramme d'un pont électrique pour l'enregistrement de l'augmentation de la résistance de la sonde

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/702c5cae-e45e-42bd-bd55-4e086342a927/iso-22007-2-2015>

5.4 Un environnement à température constante contrôlée à $\pm 0,1$ K ou mieux doit être établi pendant la durée d'un mesurage (voir Figure 1). L'enceinte n'a besoin d'être évacuée que dans le cas d'éprouvettes en plaque (voir 6.3).

6 Éprouvette d'essai

6.1 Éprouvettes en masse

6.1.1 Pour les éprouvettes en masse, l'exigence relative à l'épaisseur de l'éprouvette dépend des propriétés thermiques du matériau constitutif de l'éprouvette. L'expression de la profondeur de vérification comprend la diffusivité, qui n'est pas connue avant le mesurage. En d'autres termes, la profondeur de vérification doit être calculée à l'issue d'une expérience initiale. Si, avec cette nouvelle information, la profondeur de vérification est en dehors des limites données en 8.1.3, l'expérience doit être répétée avec une durée de mesure totale adapté, jusqu'à ce que les conditions données soient remplies.

La forme de l'éprouvette peut être cylindrique, carrée ou rectangulaire. L'usinage pour obtenir une certaine forme n'est pas nécessaire, tant qu'une surface plane (voir 6.1.4) de chacune des deux moitiés de l'éprouvette fait face au détecteur et que les exigences relatives à la taille du détecteur définies en 8.1.3 sont satisfaites.

6.1.2 Le mesurage doit être effectué de telle manière que la profondeur de vérification dans l'éprouvette doit être au moins égale à 20 fois la longueur caractéristique des composantes ou la non homogénéité dans le matériau, par exemple le diamètre moyen des particules si l'éprouvette est une poudre.