

Première édition
2008-12-15

Version corrigée
2009-02-15

**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.itih.ai)
*Plastics — Determination of thermal conductivity and thermal
diffusivity —*

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

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/sist/c3eddf54-6753-4a64-ab63-8f7027e8fc70/iso-22007-2-2008>



Numéro de référence
ISO 22007-2:2008(F)

© ISO 2008

PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 22007-2:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c3eddf54-6753-4a64-ab63-8f7027e8fc70/iso-22007-2-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c3eddf54-6753-4a64-ab63-8f7027e8fc70/iso-22007-2-2008>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2008

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'ISO à l'adresse ci-après ou du 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.....	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
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	12
8.3 Éprouvettes en plaque	13
8.4 Éprouvettes à pellicules minces	14
9 Étalonnage et vérification	14
9.1 Étalonnage de l'appareil	14
9.2 Vérification de l'appareil	15
10 Fidélité et biais	15
11 Rapport d'essai	16
Bibliographie	17

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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. 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.

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.

L'ISO 22007-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 61, *Plastiques*, sous-comité SC 5, *Propriétés physico-chimiques*.

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*

Dans la présente version corrigée de l'ISO 22007-2:2008, la Figure 3 a été modifiée afin de supprimer une ligne horizontale allant de ΔU au raccord à la terre.

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 22007-2:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c3eddf54-6753-4a64-ab63-8f7027e8fc70/iso-22007-2-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c3eddf54-6753-4a64-ab63-8f7027e8fc70/iso-22007-2-2008>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 22007-2:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c3eddf54-6753-4a64-ab63-8f7027e8fc70/iso-22007-2-2008>

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

1.1 La présente partie de l'ISO 22007 spécifie une méthode pour déterminer la conductivité thermique et la diffusivité thermique, et de ce fait la chaleur massique 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.

1.2 Cette méthode est appropriée aux essais de solides homogènes, isotropes et anisotropes ayant une structure uniaxiale. En général, cette méthode est appropriée aux matériaux ayant des valeurs de conductivité thermique, λ , comprises dans la plage approximative $0,01 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} < \lambda < 500 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ et des valeurs de diffusivité thermique, α , comprises dans la plage de $5 \times 10^{-8} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1} \leq \alpha \leq 10^{-4} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$, et pour des températures, T , dans la plage approximative de $50 \text{ K} < T < 1\,000 \text{ K}$.

NOTE La chaleur massique 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 $0,2 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1} < C < 5 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$. Elle est également appelée chaleur volumique.

1.3 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 de référence suivants sont indispensables pour l'application 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 472, *Plastiques — Vocabulaire*

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 472 et 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 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 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 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 La profondeur de sondage est exprimée en mètres (m).

NOTE 3 Une valeur type pour les mesurages par disque chaud est $\kappa = 2$, qui est appliquée tout au long du présent document.

3.3 coefficient de sensibilité

β_q

coefficient défini par l'équation suivante:

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

où

q est la conductivité thermique, λ , la diffusivité thermique, α , ou la chaleur massique par unité de volume, C ;

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

NOTE 1 Différents coefficients de sensibilité sont définis pour la conductivité thermique, la diffusivité thermique et la chaleur massique par unité de volume^[8].

NOTE 2 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

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

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

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

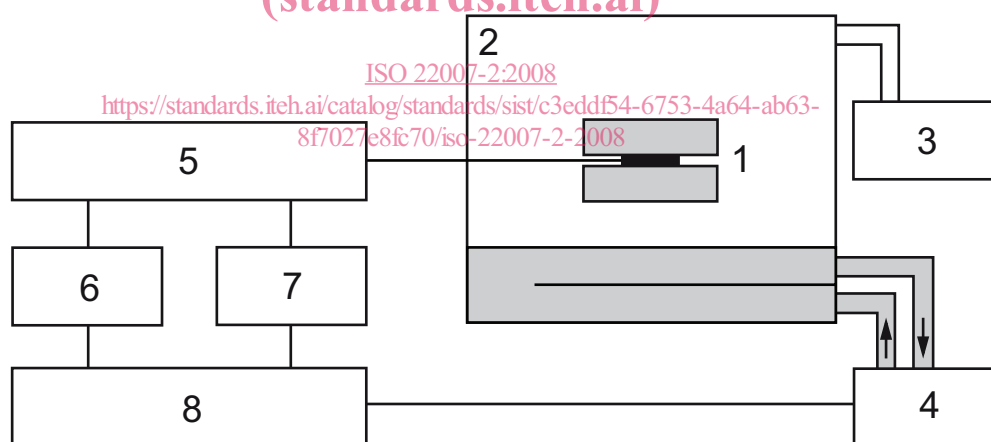
$$1,1r \leq \Delta p_{\text{prob}} \leq 2,0r$$

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

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 4 mm à 100 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 détecteur de chaleur/élément chauffant 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.



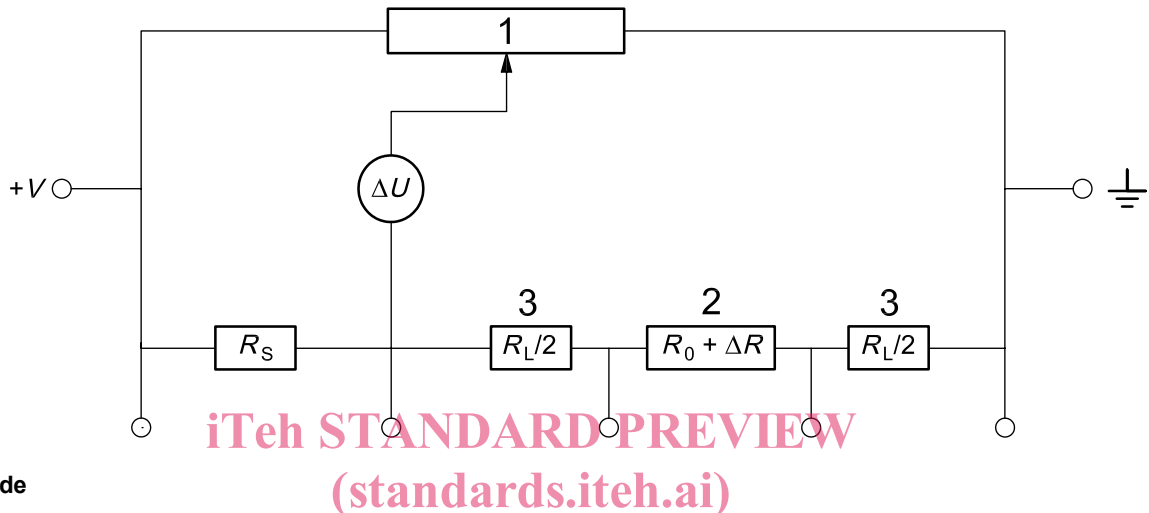
Figure 2 — Sonde à élément chauffant/détecteur en forme de spirale bifilaire
 (Des diamètres de détecteur, D , compris entre 4 mm et 100 mm peuvent être utilisés en fonction de la taille de l'éprouvette disponible)

5.3 Un pont électrique doit être utilisé pour enregistrer l'augmentation de la résistance transitoire 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.

R_S est la résistance série, R_L est la résistance totale des conducteurs, R_0 est la résistance de la sonde avant l'initiation du chauffage transitoire, ΔR est l'augmentation de la résistance de la sonde pendant la phase transitoire de chauffage et ΔU est la tension déséquilibrée créée par l'augmentation de résistance dans 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.

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



Légende

- 1 potentiomètre
- 2 sonde
- 3 conducteurs

ISO 22007-2:2008
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c3eddf54-6753-4a64-ab63-8f7027e8fc70/iso-22007-2-2008>

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

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 réglée, 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 L'épaisseur de 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.

6.1.3 Les dimensions de l'éprouvette doivent être choisies de manière à minimiser l'effet des surfaces extérieures sur le mesurage. La taille de l'éprouvette doit être telle que la distance entre toute partie de la spirale bifilaire de la sonde à disque chaud et toute partie de la limite extérieure soit plus large que le rayon