

---

---

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

Partie 6:

**Méthode comparative pour faibles  
conductivités thermiques utilisant  
une technique de modulation de la  
température**

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.itteh.ai)

ISO 22007-6:2014  
<https://standards.itteh.ai/catalog/standards/sist/276400c1-e1ca-4b7c-8ec6-a6148ab16897/iso-22007-6-2014>

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

*Part 6: Comparative method for low thermal conductivities using a  
temperature-modulation technique*



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

ISO 22007-6:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/276400c1-efca-4b7c-8ec6-a6f48ab16897/iso-22007-6-2014>



### 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](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....	<b>2</b>
<b>4</b> <b>Principe</b> .....	<b>3</b>
<b>5</b> <b>Appareillage</b> .....	<b>4</b>
<b>6</b> <b>Éprouvettes</b> .....	<b>6</b>
6.1    Température de mesure.....	6
6.2    Géométrie du matériau de la sonde.....	6
6.3    Aire de l'éprouvette.....	6
6.4    Épaisseur de l'éprouvette.....	6
<b>7</b> <b>Mode opératoire</b> .....	<b>6</b>
<b>8</b> <b>Expression des résultats</b> .....	<b>7</b>
8.1    Représentation graphique.....	7
8.2    Vérification.....	8
<b>9</b> <b>Rapport d'essai</b> .....	<b>8</b>
<b>Annexe A (informative) Résultats obtenus pour la conductivité thermique des plastiques alvéolaires (standards.iteh.ai)</b> .....	<b>10</b>
<b>Annexe B (informative) Épaisseur infinie</b> .....	<b>12</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>13</b>

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sis/276400c1-efca-4b7c-8ecc-a6f48ab16897/iso-22007-6-2014>

## 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](http://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](http://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.

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 61, *Plastiques*, sous-comité SC 5, *Propriétés physicochimiques*.

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'essai interlaboratoires du poly(méthacrylate de méthyle) [Rapport technique]*
- *Partie 6: Méthode comparative pour faibles conductivités thermiques utilisant une technique de modulation de la température*

## Introduction

Avec les économies d'énergie, les propriétés d'isolation thermique ont pris de l'importance. Pour la conception thermique des plastiques à l'échelle microscopique, il est nécessaire de disposer d'une méthode permettant de mesurer la conductivité thermique plus faible et à plus petite échelle avec une petite quantité d'éprouvette, par exemple un plateau pour aliments, un film d'impression thermique, une feuille gélifiée pour les composants électriques à l'intérieur d'un ordinateur portable, une pâte adhésive, etc. Un système à double détecteur avec une thermopile de haute sensibilité, placé à des distances différentes dans le champ de température modulée et commandé par un thermo-module Peltier, est proposé pour la détermination de la conductivité thermique des plastiques. Un paramètre de décroissance est utilisé pour déterminer la conductivité thermique de l'échantillon. Cette méthode est appliquée pour mesurer la faible conductivité thermique dans la plage en dessous de 1,0 W/mK.

Contrairement à une méthode par choc ou transitoire, la technique de modulation de la température se caractérise par une résolution à haute sensibilité et à haute température, dans laquelle l'utilisation d'un amplificateur de blocage réduit toute influence éventuelle du bruit et des interférences.

La conductivité thermique des matériaux faiblement conducteurs de chaleur est généralement déterminée en mesurant les gradients de température plus importants qui sont produits par un flux de chaleur constant dans l'échantillon selon une géométrie unidimensionnelle. Afin de réduire les erreurs dues au rayonnement et à la convection, il est souvent nécessaire d'utiliser des échantillons de grande taille et de forme précise, et de procéder avec le plus grand soin pour que cette technique fonctionne.

La présente partie de l'ISO 22007 spécifie une méthode de modulation de la température permettant de déterminer la conductivité thermique avec une faible variation de la température, en réduisant le plus possible l'influence du rayonnement et de la convection.

ISO 22007-6:2014  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/276400c1-efca-4b7c-8ec6-a6f48ab16897/iso-22007-6-2014>

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

[ISO 22007-6:2014](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/276400c1-efca-4b7c-8ec6-a6f48ab16897/iso-22007-6-2014>

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

## Partie 6: Méthode comparative pour faibles conductivités thermiques utilisant une technique de modulation de la température

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 22007 spécifie une méthode de modulation de la température permettant de mesurer la conductivité thermique. L'écart de température d'entrée est inférieur à 1 K et une méthode à double blocage est appliquée pour amplifier la faible modulation de température.

L'ISO 22007-3 spécifie une méthode de modulation de la température dans laquelle le décalage de phase est mesuré à l'état épais thermiquement,  $kd \gg 1$  [avec  $k = (\omega/2\alpha)^{1/2}$ ,  $\omega$  étant la fréquence angulaire de l'oscillation de température,  $\alpha$  la diffusivité thermique et  $d$  l'épaisseur de l'éprouvette]. Dans cet état, le matériau du support n'influence pas les résultats de décalage de phase sur le détecteur, sur lequel l'oscillation de température décroît de manière exponentielle.

En revanche, si  $kd \ll 1$ , la décroissance de la modulation de la température est influencée par les matériaux du support. Partant de ce principe, la présente partie de l'ISO 22007 spécifie la méthode permettant de déterminer la conductivité thermique de l'échantillon (par exemple un matériau de support), en comparant la décroissance de l'oscillation de température détectée sur les deux surfaces du matériau de la sonde.

La conductivité thermique est déterminée à partir de la corrélation entre l'impédance thermique et le rapport de décroissance de l'amplitude à l'aide de deux matériaux de référence mesurés à la même fréquence et à la même température.

La plage de conductivité thermique couverte est ajustée en fonction des matériaux de référence et des matériaux de la sonde. En principe, la conductivité thermique est déterminée dans la plage allant de 0,026 W/mK à 0,6 W/mK.

En cas d'application de la méthode à des matériaux non homogènes, il faut veiller à choisir les conditions de mesure appropriées en fonction de la profondeur de pénétration thermique.

### 2 Références normatives

Les documents suivants, en tout ou partie, sont référencés de façon 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 472, *Plastiques — Vocabulaire*

ISO 22007-1, *Plastiques — Détermination de la conductivité thermique et de la diffusivité thermique — Partie 1: Principes généraux*

ISO 22007-3, *Plastiques — Détermination de la conductivité thermique et de la diffusivité thermique — Partie 3: Méthode par analyse de l'oscillation de la température*

ISO/TR 22007-5, *Plastiques — Détermination de la conductivité thermique et de la diffusivité thermique — Partie 5: Résultats d'essais interlaboratoires du poly(méthacrylate de méthyle)*

ISO 80000-5, *Grandeurs et unités — Partie 5: Thermodynamique*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 472, l'ISO 22007-1, l'ISO 22007-3 et l'ISO 80000-5 ainsi que les suivants s'appliquent.

#### 3.1 amplitude de la modulation de température

*Amp*  
amplitude de l'oscillation de température générée par une source de chaleur à puissance modulée

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en Kelvin.

#### 3.2 gain

$\zeta$   
rapport de l'*Amp* entre  $x = d$  et  $x = 0$ ; rapport de l'amplitude entre les surfaces avant ( $x = 0$ ) et arrière ( $x = d$ ) du matériau de la sonde

$$\zeta = \frac{T_d}{T_0} = \frac{Amp_{x=d}}{Amp_{x=0}}$$

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

où  
 $T_0$  et  $T_d$  sont respectivement l'amplitude de la modulation de température mesurée sur le détecteur 1 (à  $x = 0$ ) et sur le détecteur 2 (à  $x = d$ ).

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/276400c1-efca-4b7c-8ec6-a6f48ab16897/iso-22007-6-2014>

#### 3.3 profondeur de pénétration thermique

$D_p$   
les oscillations périodiques de la température ne peuvent être observées que pour des profondeurs inférieures à  $D_p$ , cette dernière étant définie comme suit:

$$D_p = 2\pi \sqrt{\frac{2\alpha}{\omega}}$$

où  
 $\alpha$  est la diffusivité thermique;  
 $\omega$  est la fréquence angulaire;  
 $D_p$  est la profondeur à laquelle l'amplitude de l'oscillation de température a été atténuée jusqu'à 0,19 %, cette valeur étant calculée à partir de la formule  $\exp\left(-\sqrt{\frac{\omega}{2\alpha}}D_p\right) = \exp(-2\pi) \cong 0,0019$

Note 1 à l'article: La profondeur de pénétration thermique est exprimée en mètres.

#### 3.4 longueur de diffusion thermique

$1/k$   
où

$k$  est définie comme étant  $\sqrt{\frac{\omega}{2\alpha}}$

Note 1 à l'article: La longueur de diffusion thermique est exprimée en mètres.  $k$  est exprimée par l'inverse du mètre.

## 4 Principe

Comme illustré à la [Figure 1](#), le matériau de la sonde, qui se présente sous la forme d'une feuille plane, est placé entre la source de chaleur et l'échantillon, en supposant un flux de chaleur unidimensionnel.

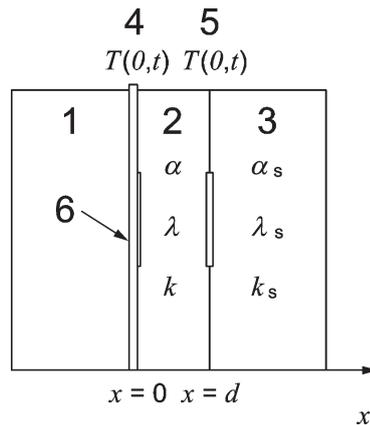
La source de chaleur génère une modulation de température à amplitude constante, qui maintient la température moyenne constante grâce à l'utilisation d'une régulation de température de type thermoélectrique (Peltier). Du fait de la grande capacité calorifique du dissipateur thermique, la modulation de température dans la source de chaleur n'est pas influencée par l'échantillon et la température d'entrée ( $x = 0$ ) sur la sonde est maintenue constante.

L'échantillon est fixé sur l'autre côté du matériau de la sonde. À l'état mince thermiquement,  $kd \ll 1$ , la modulation de température décroissante à  $x = d$  est influencée par l'échantillon.

Les températures modulées à  $x = 0$  et  $x = d$  sont mesurées avec précision par le détecteur de température fixé, en utilisant une amplification de blocage.

Ce principe se caractérise comme suit:

- a) Une petite variation de la température modulée, par exemple inférieure à  $\pm 1$  K, est appliquée par rapport à la température environnante. La température moyenne est maintenue à une certaine température environnante en utilisant une régulation de température de type thermoélectrique (Peltier).  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/276400c1-efca-4b7c-8ec6-4916a076877/iso-22007-6-2014>
- b) La température au fond du dissipateur thermique (du côté opposé de  $x = 0$  sur la [Figure 1](#)), à un emplacement profond dans l'échantillon (du côté opposé de  $x = d$  sur la [Figure 1](#)) et à la jonction froide du détecteur à thermopile est considérée comme étant la température environnante.
- c) Un flux de chaleur unidimensionnel est atteint en mesurant une petite zone située au centre du flux de chaleur plan.
- d) La fréquence de mesurage est choisie en tenant compte de la longueur de diffusion thermique du matériau de la sonde.
- e) L'amplification de blocage, qui est caractéristique de la technique de modulation, permet de mesurer une faible variation de température, ce qui réduit au maximum l'influence du rayonnement et de la convection.



**Légende**

- 1 dissipateur thermique
- 2 matériau de la sonde
- 3 échantillon
- 4 détecteur 1
- 5 détecteur 2
- 6 élément chauffant (module Peltier)
- x sens de l'épaisseur de l'échantillon

**Figure 1 — Géométrie avec deux détecteurs et une source de chaleur Peltier**  
(standards.iteh.ai)

**5 Appareillage**

ISO 22007-6:2014  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/276400c1-efca-4b7c-8ec6->

L'appareillage doit être conçu pour obtenir le gain tel que défini en 3.2 et doit comprendre les principaux composants suivants, comme illustré à la Figure 2.

**5.1 Dissipateur thermique**, ayant une capacité calorifique qui est suffisamment grande pour estimer la température du fond (du côté opposé de  $x = 0$ ) à la température ambiante.

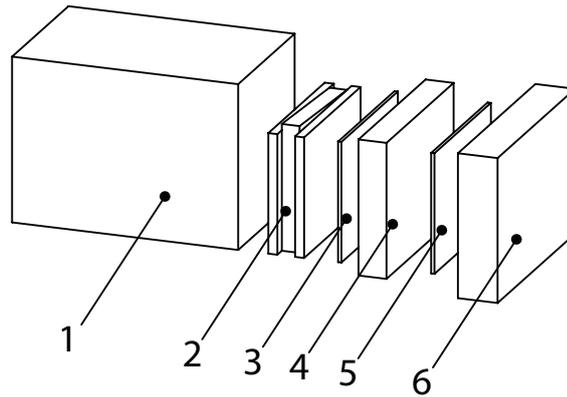
**5.2 Module thermoélectrique et deux éléments détecteurs**, présentant les caractéristiques suivantes:

**5.2.1** Module thermoélectrique générant une oscillation de température en faisant passer un courant alternatif par une source de chaleur de type Peltier fixée à la surface avant des matériaux de la sonde; il est supposé avoir la position  $x = 0$  (voir la Figure 2).

**5.2.2** Élément détecteur composé d'une thermopile, auquel est fixée une jonction froide dans la zone de la température environnante, avec une jonction chaude située dans la zone centrale qui détecte la variation de température par amplification différentielle.

**5.2.3** Éléments détecteurs (détecteur 1 et détecteur 2) situés respectivement à la position  $x = 0$  et  $x = d$ , afin de mesurer l'amplitude de l'oscillation de température sur les surfaces avant et arrière du matériau de la sonde selon les Figures 2 et 3.

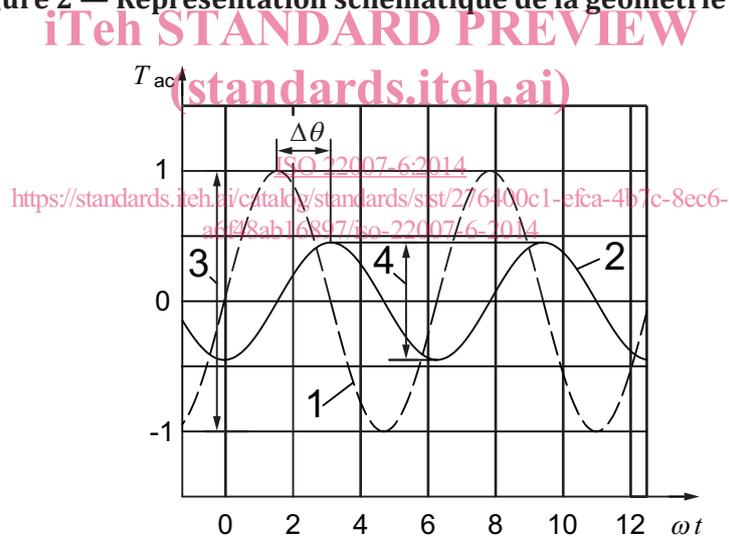
**5.3 Matériaux de la sonde**, présentant les propriétés thermiques  $\alpha$ : diffusivité thermique,  $\lambda$ : conductivité thermique,  $k$ :  $k = (\omega/2\alpha)^{1/2}$ ,  $\omega$ : fréquence angulaire de l'oscillation de la température et ayant une épaisseur  $d$ , situés entre la source de chaleur et l'échantillon ( $\alpha_s$ ,  $\lambda_s$  et  $k_s$ ).



### Légende

- 1 dissipateur thermique
- 2 module Peltier
- 3 détecteur 1 → amplificateur de blocage 1
- 4 matériaux de la sonde
- 5 détecteur 2 → amplificateur de blocage 2
- 6 échantillon

Figure 2 — Représentation schématique de la géométrie de mesure



### Légende

- 1 détecteur 1
  - 2 détecteur 2
  - 3 amplitude 1
  - 4 amplitude 2
- $T_{ac}$  température modulée sur un détecteur, en K  
 $t$  temps  
 $\omega$  fréquence angulaire de l'oscillation de la température

Figure 3 — Représentation schématique de la modulation de température observée sur le détecteur 1 et le détecteur 2

NOTE 1 Une thermopile avec des détecteurs de température thermoélectriques est un exemple d'élément détecteur.