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

**Partie 3:
Méthode par analyse de l'oscillation de la
température**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)
*Plastics — Determination of thermal conductivity and thermal
diffusivity —*

Part 3: Temperature wave analysis method

ISO 22007-3:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b2bdf72-9d98-4b5d-8bb1-935b3b0fc2cb/iso-22007-3-2008>



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 22007-3:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b2bdf72-9d98-4b5d-8bb1-935b3b0fc2cb/iso-22007-3-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b2bdf72-9d98-4b5d-8bb1-935b3b0fc2cb/iso-22007-3-2008>



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	1
4 Symboles et unités	2
5 Principe	2
6 Appareillage	2
6.1 Généralités	2
6.2 Enceinte à température constante	3
6.3 Éléments chauffants et détecteurs	3
6.4 Circuit de chauffage	5
6.5 Circuit de mesure	5
6.6 Dispositif de mesure de décalage de phase	5
6.7 Dispositif de mesure de la température de l'éprouvette	5
7 Éprouvette	6
7.1 Dimensions	6
7.2 Épaisseur	6
7.3 Plaques de support	6
8 Mode opératoire	7
9 Analyse des résultats	8
10 Étalonnage et vérification de la méthode et des appareils	9
10.1 Étalonnage	9
10.2 Vérification	9
11 Fidélité et biais	9
11.1 Incertitude	9
11.2 Répétabilité	9
12 Résultats des essais	10
Annexe A (informative) Contexte mathématique relatif à l'analyse de l'oscillation de la température	11
Annexe B (informative) Données relatives à la diffusivité thermique type d'un polyimide type	12
Annexe C (informative) Exemple de rapports fréquence-épaisseur requis pour des mesurages acceptables	13
Annexe D (informative) Simulations numériques du décalage de phase, $\Delta\theta$, en fonction de kd et de ξ	15
Annexe E (informative) Exemples d'incertitudes de mesure de la diffusivité thermique	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 22007-3 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 61, *Plastiques*, sous-comité SC 5, *Propriétés physico-chimiques*.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

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

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b2bdf72-9d98-4b5d-8bb1-935b3b0fc2cb/iso-22007-3-2008>

- *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*

Introduction

Les propriétés de transmission de chaleur des plastiques sont indispensables non seulement dans l'industrie des plastiques, mais également dans d'autres domaines. Les plastiques sont utilisés dans différents procédés de fabrication dans de nouveaux domaines d'application tels que la nanotechnologie et dans l'industrie biomédicale. Des mesurages à petite échelle simples mais précis sont requis et doivent pouvoir être appliqués rapidement.

Une haute sensibilité et une excellente résolution de température sont propres aux techniques de modulation relatives à la mesure des propriétés de transmission de chaleur. L'analyse de l'oscillation de la température est une méthode de mesure de la diffusivité thermique d'éprouvettes minces et elle s'applique également à la mesure de petites éprouvettes.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 22007-3:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b2bdf72-9d98-4b5d-8bb1-935b3b0fc2cb/iso-22007-3-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b2bdf72-9d98-4b5d-8bb1-935b3b0fc2cb/iso-22007-3-2008>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 22007-3:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b2bdf72-9d98-4b5d-8bb1-935b3b0fc2cb/iso-22007-3-2008>

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

Partie 3: Méthode par analyse de l'oscillation de la température

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 22007 spécifie une méthode par analyse de l'oscillation de la température pour la détermination de la diffusivité thermique de pellicules minces et de plaques en plastique suivant la direction de l'épaisseur. La méthode peut également être utilisée pour les plastiques, à l'état solide ou à l'état liquide, ayant une structure isotrope ou orthotrope.

La méthode prend en compte les valeurs de la diffusivité thermique, α , dans la plage $1,0 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} < \alpha < 1,0^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

Les mesures peuvent être effectuées soit dans l'air ou dans d'autres atmosphères gazeuses, par exemple un gaz inerte, à la pression atmosphérique ou à d'autres pressions, réduites ou élevées, ou sous vide, à différentes températures.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b2bdf72-9d98-4b5d-8bb1-935b3b0fc2cb/iso-22007-3-2008>

2 Références normatives

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b2bdf72-9d98-4b5d-8bb1-935b3b0fc2cb/iso-22007-3-2008>

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*

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

Guide ISO/CEI 98-3, *Incertitude de mesure — Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*

3 Termes et définitions

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

3.1

oscillation de température

oscillation de température générée par une source de chaleur à puissance modulée

3.2
décalage de phase

$\Delta\theta$
différence de phase de l'oscillation de température entre les faces avant et arrière de l'éprouvette

NOTE Un retard est défini comme un décalage de phase négatif.

4 Symboles et unités

Symbole	Signification	Unité
A	pende d'une courbe de décalage de phase, $\Delta\theta$, en fonction de la racine carrée de la fréquence angulaire, ω , de l'oscillation de température	$s^{1/2}$
C	capacité calorifique par unité de volume	$J/(m^3 \cdot K)$
d	épaisseur de l'éprouvette	m
f	fréquence de l'oscillation de la température	Hz
k	la quantité $(\omega/2\alpha)^{1/2}$	
α	diffusivité thermique	m^2/s
λ	conductivité thermique	$W/(m \cdot K)$
ω	fréquence angulaire de l'oscillation de la température	rad/s
ω_c	fréquence angulaire qui remplit la condition $ka = 1$	rad/s

iTeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 22007-3:2008
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b2bdf72-9d98-4b5d-8bb1-935b3b0fc2cb/iso-22007-3-2008>

5 Principe

5.1 L'analyse de l'oscillation de la température est une méthode de mesure de la diffusivité thermique suivant la direction de l'épaisseur d'une éprouvette mince et plate, basée sur le mesurage du décalage de phase d'une oscillation de la température entre les surfaces avant et arrière de l'éprouvette.

5.2 Les résistances électriques pulvérisées ou mises en contact sur les deux faces de l'éprouvette sont utilisées, l'une comme un élément chauffant pour générer une oscillation de température par effet Joule d'un courant alternatif et l'autre comme un thermomètre pour détecter l'oscillation de la température.

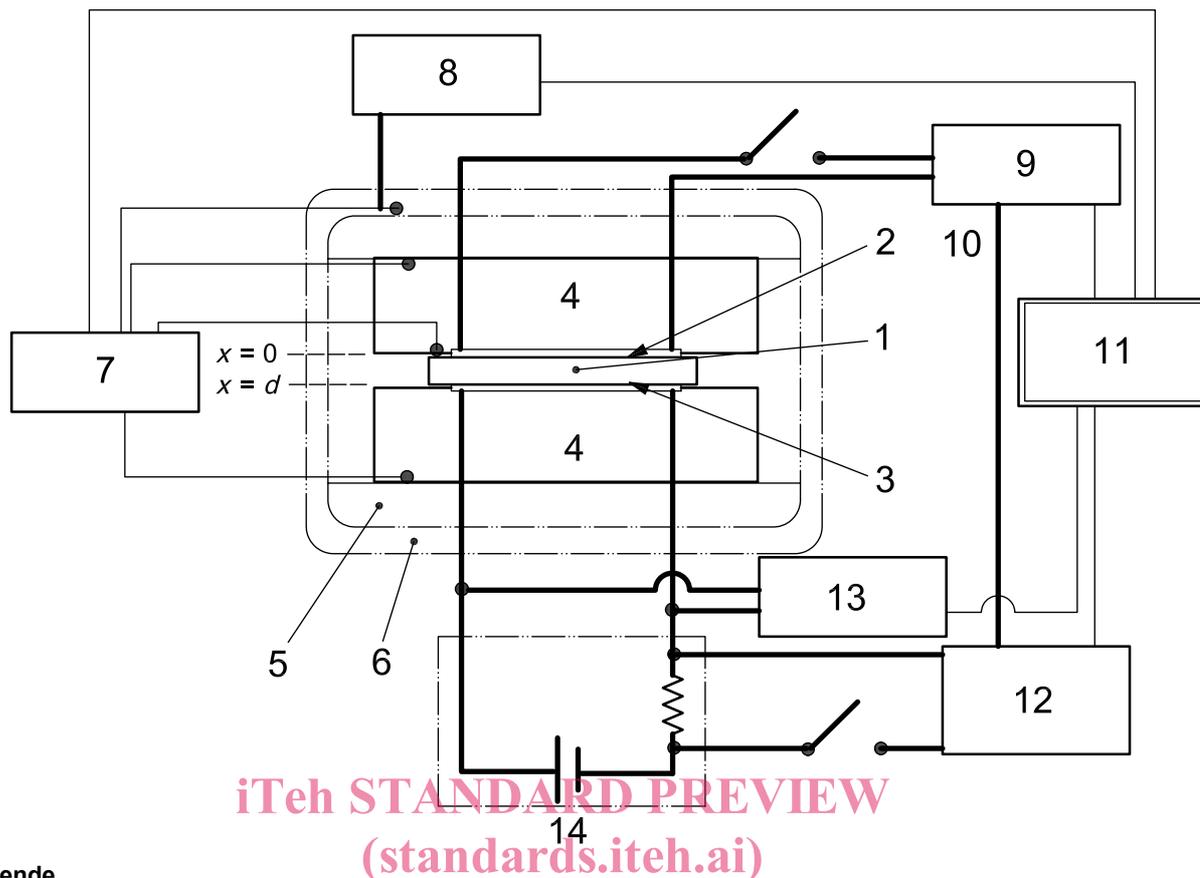
5.3 Cette méthode inclut l'analyse du décalage de phase de l'oscillation de température, qui se propage dans l'éprouvette, en fonction de la racine carrée de la fréquence angulaire de l'oscillation de température.

NOTE L'Annexe A et la bibliographie donnent de plus amples informations sur l'historique théorique.

6 Appareillage

6.1 Généralités

Les appareils doivent être conçus pour obtenir la diffusivité thermique telle que décrite dans l'Article 5 et doivent comprendre les principaux composants suivants, comme illustré à la Figure 1.



Légende

1	épreuve	6	enceinte à température constante	11	ordinateur
2	élément chauffant	7	thermomètre	12	amplificateur de blocage
3	détecteur	8	contrôleur de température	13	multimètre numérique
4	plaque de support	9	synthétiseur de fonction	14	circuit de courant de polarisation
5	porte-épreuve	10	signal de référence		

Figure 1 — Exemple de schéma d'appareil de mesure

6.2 Enceinte à température constante

La plage de températures doit convenir aux matériaux à soumettre à l'essai.

La température de l'enceinte doit être contrôlée de sorte que la température de l'éprouvette ne change pas de plus de ± 1 K pendant toute la durée du mesurage.

6.3 Éléments chauffants et détecteurs

L'élément chauffant, utilisé pour générer une oscillation de température en faisant passer un courant alternatif par une résistance électrique fixée à la surface avant de l'éprouvette, est supposé avoir la position $x = 0$ (voir Figure 1).

L'élément détecteur, utilisé pour détecter une oscillation de température par mesure de l'oscillation de la résistance électrique fixée à la surface arrière de l'éprouvette, est supposé avoir la position $x = d$.

Il convient que l'élément chauffant et le détecteur soient de préférence directement pulvérisés sur les surfaces opposées de l'éprouvette afin d'obtenir une haute sensibilité et une réponse rapide. Il convient que les capacités calorifiques de l'élément chauffant et du détecteur soient négligeables.

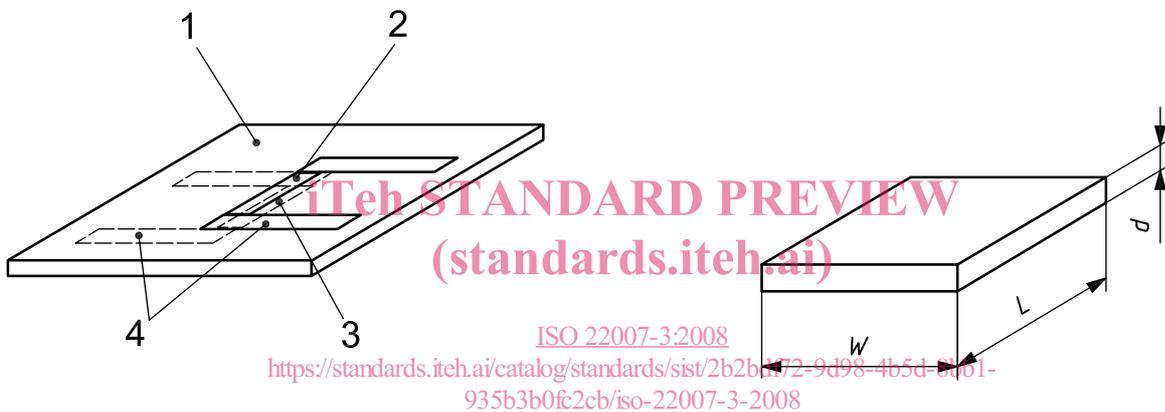
NOTE 1 Un exemple d'éléments chauffants et détecteurs directement pulvérisés sur les surfaces avant et arrière d'une éprouvette en forme de pellicule est illustré à la Figure 2 a).

NOTE 2 Un exemple de montage d'élément chauffant et détecteur susceptible d'être utilisé pour les échantillons liquides est illustré à la Figure 2 b). Puisque, dans ce cas, il n'est pas possible d'appliquer une pulvérisation directe, on utilise un ensemble de plaques de support pré-pulvérisées.

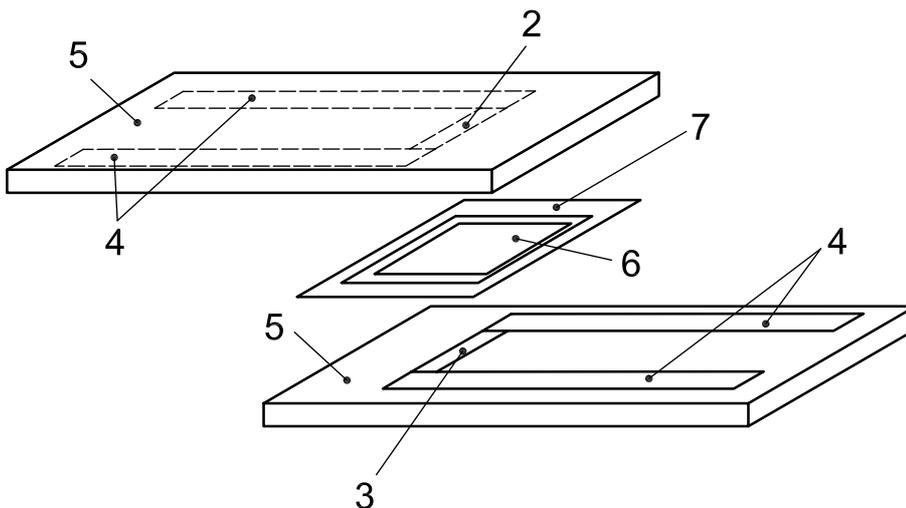
NOTE 3 Les dimensions types d'un montage d'élément chauffant et détecteur déposé par pulvérisation sur l'éprouvette est de 1 mm de large sur 5 mm de long.

Des conducteurs en couche métalliques sont pulvérisés ou connectés en utilisant de la pâte ou un fil de soudure conducteur à chaque extrémité des éléments chauffants et détecteurs. Les conducteurs peuvent également être pulvérisés sur les plaques de support [voir Figure 2 c)]. Les contacts électriques entre les couches de conducteurs et les câbles électriques pour la connexion à l'alimentation et aux dispositifs de mesure peuvent être réalisés en utilisant de la pâte ou un fil de soudure conducteur.

La pulvérisation directe de l'élément chauffant et du détecteur sur chaque surface de l'éprouvette est recommandée pour obtenir un bon contact thermique. L'élément chauffant et le détecteur peuvent également être fixés à la surface de l'éprouvette sous charge constante.

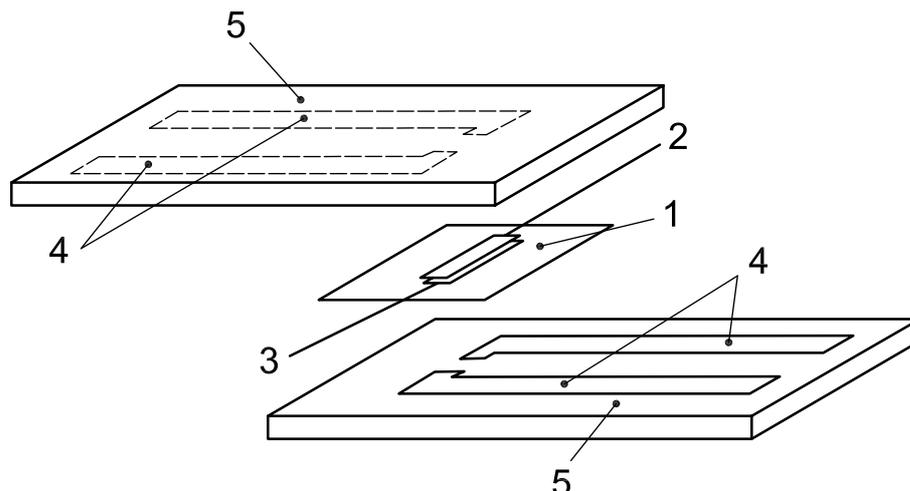


a) **Éléments chauffants, détecteurs et conducteurs directement pulvérisés sur les surfaces avant et arrière d'une éprouvette en forme de pellicule** (Exemples de dimensions — Éprouvette: $W = 10$ mm, $L = 10$ mm, $d = 100$ μ m; élément chauffant: $W = 1$ mm, $L = 5$ mm; détecteur: $W = 1$ mm, $L = 5$ mm)



b) **Éprouvette à l'état liquide insérée entre les plaques de support sur lesquelles les éléments chauffants, détecteurs et conducteurs sont pulvérisés** (Exemples de dimensions — Entretoise: $W = 10$ mm, $L = 10$ mm, $d = 100$ μ m; élément chauffant: $W = 1$ mm, $L = 5$ mm; détecteur: $W = 1$ mm, $L = 5$ mm; substrat: $W = 30$ mm, $L = 25$ mm, $d = 2$ mm)

Figure 2 (suite)



c) **Éléments chauffants et détecteurs directement pulvérisés sur l'éprouvette, les conducteurs étant sur les plaques de support** (Exemples de dimensions — Éprouvette: $W = 10$ mm, $L = 10$ mm, $d = 100$ μm ; élément chauffant: $W = 1$ mm, $L = 5$ mm; détecteur: $W = 1$ mm, $L = 5$ mm; substrat: $W = 30$ mm, $L = 25$ mm, $d = 2$ mm)

Légende

1 éprouvette	4 conducteurs	7 entretoise
2 élément chauffant pulvérisé (avant)	5 plaque d'appui	
3 détecteur pulvérisé (arrière)	6 éprouvette (liquide)	

Figure 2 — Exemple de montage d'éléments chauffants et détecteurs

6.4 Circuit de chauffage

La puissance appliquée à l'élément chauffant doit être réglée de manière à éviter une élévation de température de l'éprouvette de plus de 1°K .

6.5 Circuit de mesure

Un courant électrique de polarisation est fourni au détecteur via les conducteurs en couche pour la mesure de l'oscillation de la résistance électrique du détecteur. Une source en courant continu qui peut fournir un courant électrique au détecteur dans la plage de $1\ \mu\text{A}$ à $10\ \text{mA}$ est utilisée.

L'exactitude recommandée pour la fréquence d'oscillation doit être meilleure que $50\ \text{ppm}$.

6.6 Dispositif de mesure de décalage de phase

L'oscillation de la résistance électrique du détecteur, observée comme une oscillation de la tension entre les extrémités des conducteurs du détecteur, doit être mesurée afin de déterminer le décalage de phase de l'oscillation de la température sur l'épaisseur de l'éprouvette. Le décalage de phase entre l'élément chauffant et le détecteur doit être mesuré avec un montage tel qu'illustré à la Figure 1. L'exactitude recommandée pour la mesure du décalage de phase est de $\pm 0,01^\circ$.

6.7 Dispositif de mesure de la température de l'éprouvette

Des thermocouples peuvent être fixés sur les plaques de support et peuvent également être fixés à l'éprouvette, si possible. Lorsque le coefficient de température de la résistance électrique du détecteur est connu, la température du détecteur peut être déterminée en mesurant sa résistance électrique.