

---

---

**Céramiques techniques — Propriétés  
thermophysiques des composites  
céramiques — Détermination de la  
dilatation thermique**

*Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) —  
Thermophysical properties of ceramic composites — Determination  
of thermal expansion*

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 17139:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f9550b92-a528-4a8e-8a06-b67d5ee646fd/iso-17139-2014>



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

ISO 17139:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f9550b92-a528-4a8e-8a06-b67d5ee646fd/iso-17139-2014>



**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

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<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>1</b>
<b>4</b> <b>Principe</b> .....	<b>2</b>
4.1    Généralités.....	2
4.2    Mesurage direct.....	2
4.3    Méthode différentielle.....	2
<b>5</b> <b>Appareillage</b> .....	<b>2</b>
5.1    Matériaux de construction.....	2
5.2    Dispositif de chauffage et de refroidissement.....	2
5.3    Mesurage de la température.....	2
5.4    Montage de l'éprouvette.....	3
5.5    Système de mesurage et d'enregistrement de la dilatation thermique.....	3
5.6    Mesurage de l'éprouvette.....	3
<b>6</b> <b>Échantillons pour essai</b> .....	<b>3</b>
6.1    Éprouvettes.....	3
6.2    Étalons.....	3
6.3    Dimensions.....	3
<b>7</b> <b>Mode opératoire</b> .....	<b>4</b>
<b>8</b> <b>Calculs</b> .....	<b>5</b>
8.1    Mesurage direct.....	5
8.2    Méthode différentielle.....	6
<b>9</b> <b>Rapport d'essai</b> .....	<b>6</b>
<b>Annexe A (normative) Appareillage de mesurage direct</b> .....	<b>9</b>
<b>Annexe B (normative) Appareillage de mesurage différentiel</b> .....	<b>11</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>12</b>

Iteh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO 17139:2014

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f9550b92-a528-4a8e-8a06-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f9550b92-a528-4a8e-8a06-b67d5cc646fd/iso-17139-2014)[b67d5cc646fd/iso-17139-2014](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f9550b92-a528-4a8e-8a06-b67d5cc646fd/iso-17139-2014)

## 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. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/19550692-a528-4a8c-8a06-b67d5ee646fd/iso-17139-2014>

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 206, *Céramiques techniques*.

# Céramiques techniques — Propriétés thermophysiques des composites céramiques — Détermination de la dilatation thermique

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit les méthodes de détermination des caractéristiques de dilatation thermique linéique des matériaux composites à matrice céramique jusqu'à une température de 2 300 K, et est applicable aux matériaux 1D, 2D et nD.

La méthode décrit les principes généraux de construction, d'étalonnage et d'utilisation de l'appareillage.

## 2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à 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/IEC 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

IEC 60584-1, *Thermocouples — Partie 1: Tables de référence*

## 3 Termes et définitions

ISO 17139:2014

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f9550b92-a528-4a8e-8a06-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f9550b92-a528-4a8e-8a06-b67d5ee646ff/iso-17139-2014)

[b67d5ee646ff/iso-17139-2014](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f9550b92-a528-4a8e-8a06-b67d5ee646ff/iso-17139-2014)

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

### 3.1

#### dilatation thermique linéique

variation positive ou négative d'une dimension d'un matériau soumis à une variation de température

### 3.2

#### coefficient de dilatation thermique linéique à la température $T$

quotient de la dérivée de la longueur  $L$  par rapport à la température  $T$ , et de la longueur  $L$  à cette même température

$$\alpha_T = \frac{1}{L} \left( \frac{dL}{dT} \right)$$

### 3.3

#### coefficient moyen de dilatation thermique linéique entre les températures $T_1$ et $T_2$

quotient de la dilatation thermique linéique entre les températures  $T_1$  et  $T_2$ , et du produit de l'incrément de température  $T_1$  à  $T_2$  par la longueur à la température  $T_1$

$$\alpha(T_1, T_2) = \frac{L(T_2) - L(T_1)}{L(T_1)} \times \frac{1}{(T_2 - T_1)}$$

### 3.4

#### volume élémentaire représentatif

VER

volume minimal représentatif du matériau considéré

## 4 Principe

### 4.1 Généralités

Une éprouvette est chauffée puis refroidie, soit à une vitesse constante spécifiée, soit par incréments de température définis. Les variations de longueur ainsi que la température sont mesurées en continu ou à des intervalles réguliers et fréquents pendant le cycle de température imposé.

Le coefficient de dilatation thermique linéique peut être déterminé par l'une des deux méthodes suivantes, soit mesurage direct, soit une méthode différentielle.

### 4.2 Mesurage direct

Dans cette méthode, la variation de longueur de l'éprouvette est mesurée directement. Il est nécessaire de connaître les variations des dimensions du système de support d'éprouvette par un étalonnage préalable.

L'éprouvette est placée dans un porte-éprouvette et est mise en contact avec un capteur de déplacement par l'intermédiaire d'une tige poussoir constituée du même matériau que le porte-éprouvette. L'ensemble est placé dans un four. La dilatation différentielle entre l'éprouvette et le porte-éprouvette est mesurée pendant la montée et la descente en température.

L'appareillage est représenté à la [Figure 1](#).

### 4.3 Méthode différentielle

Cette méthode consiste à mesurer les variations de longueur entre un étalon (voir [6.2](#)) et l'éprouvette. Il n'est, par conséquent, pas nécessaire de connaître les variations de dimensions du système de support d'éprouvette.

L'appareillage est représenté à la [Figure 2](#).

ITeH STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO 17139:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f9550b92-a528-4a8e-8a06-b67d5ee646fd/iso-17139-2014>

## 5 Appareillage

### 5.1 Matériaux de construction

Le porte-éprouvette et la tige poussoir doivent être fabriqués dans des matériaux de même type, stables thermomécaniquement, chimiquement inertes et thermiquement compatibles avec le matériau de l'éprouvette dans les conditions environnementales de l'essai.

NOTE Pour les températures supérieures à 1 400 °C, il est nécessaire de travailler sous vide ou dans une atmosphère de gaz inerte, avec un matériau non-oxyde approprié à l'environnement de l'essai, par exemple un type de graphite dense.

### 5.2 Dispositif de chauffage et de refroidissement

Four capable de fonctionner sous atmosphère contrôlée si nécessaire, et permettant de contrôler la température de l'éprouvette à moins de 1 % de sa température moyenne exprimée en kelvins (K).

### 5.3 Mesurage de la température

Il convient d'étalonner individuellement les thermocouples, conformes à l'IEC 60584-1, en tenant compte des exigences relatives à la température maximale et des conditions environnementales, excepté dans le cas de thermocouples tungstène-rhénium qui peuvent être utilisés à des températures supérieures, mais ne sont pas traités par l'IEC 60584-1. Pour les températures dépassant 2 000 K, des détecteurs infrarouge ou n'importe quel autre moyen adéquat peuvent être utilisés.

## 5.4 Montage de l'éprouvette

Le dispositif utilisé doit permettre la liberté de mouvement dans l'axe de l'éprouvette et de l'étalon dans le cas d'un mesurage différentiel. L'environnement mécanique doit minimiser les contraintes. Pour les appareils à mesurage vertical, les éprouvettes doivent reposer librement et être stables mécaniquement sur leurs extrémités planes. Pour les appareils où le mesurage se fait dans la position horizontale ou en position inclinée par rapport à l'horizontale, le déplacement en travers ou en rotation de l'éprouvette doit être empêché, sans limitation du mouvement axial, grâce à un mécanisme approprié.

## 5.5 Système de mesurage et d'enregistrement de la dilatation thermique

Système capable de mesurer les déplacements avec un niveau de précision supérieur à 0,1 µm. Le système doit permettre l'enregistrement simultané de la température et du déplacement de l'éprouvette. Le système de mesurage des déplacements doit être périodiquement étalonné conformément à l'[Annexe A](#) sur les mesurages directs et à l'[Annexe B](#) sur les mesurages différentiels.

## 5.6 Mesurage de l'éprouvette

Dispositif de mesurage des dimensions de l'éprouvette, d'une précision supérieure à 0,05 mm (par exemple, un micromètre, conformément à l'ISO 3611, ou un pied à coulisse, conformément à la norme ISO 6906).

## 6 Échantillons pour essai

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

### 6.1 Éprouvettes

Les dimensions des éprouvettes dépendent du type d'appareillage utilisé. Pour les mesurages différentiels, l'éprouvette et l'étalon (voir [6.2](#)) doivent avoir la même longueur  $L_0$  (voir le [Tableau 1](#)).

L'éprouvette doit être découpée de telle sorte que l'axe choisi pour le mesurage soit lié aux orientations principales des fibres, conformément à l'accord, concernant le mesurage, passé entre les parties.

Les extrémités de l'éprouvette doivent être planes, parallèles entre elles et perpendiculaires au grand axe.

### 6.2 Étalons

Les matériaux étalons doivent être choisis de manière que leurs propriétés soient aussi proches que possible de celles du matériau de l'éprouvette. L'étalon doit avoir un volume du même ordre de grandeur que celui de l'éprouvette et, si possible, avoir les mêmes dimensions que cette dernière (voir le [Tableau 1](#)).

Pour les mesurages à haute température (au-dessus de 2 000 K) sous atmosphère inerte, les matériaux étalons généralement utilisés sont soit le tungstène, soit le graphite hautement purifié. Les matériaux étalons doivent être fournis par un laboratoire certifié.

### 6.3 Dimensions

Voir le [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Dimensions recommandées des éprouvettes

Dimensions en millimètres

	Matériau à VER faible (3.4) tel que 1D ou 2D	Matériau à VER élevé (3.4) tel que nD ( $n \geq 3$ )	Tolérances
$L_0$ , longueur totale	30	70	$\pm 0,2$
B, largeur	7	Suivant matériau et appareillage	—
h, épaisseur	Suivant matériau et appareillage	Suivant matériau et appareillage	Suivant matériau et appareillage
$\phi$ , diamètre	-	30	—
Parallélisme	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	—

Un volume d'éprouvette d'au moins 5 VER (3.4) est recommandé.

La forme et les dimensions de l'éprouvette dépendent de la structure de renforcement. Dans le cas d'un matériau tel que le 3D, une éprouvette de grand volume est souvent nécessaire lorsque le volume élémentaire représentatif est important.

Pour les composites nD ( $n \geq 3$ ) à VER important, des éprouvettes en forme de poutre épaisse ou de cylindre de diamètre  $\phi$  sont recommandées.

Si des dimensions différentes de celles recommandées sont utilisées, le volume de l'éprouvette doit être supérieur à 5 VER. Tolérances: dimensions:  $\pm 0,2$  - Parallélisme:  $\pm 0,05$ .

## 7 Mode opératoire

Pour simplifier les modes opératoires d'étalonnage, il convient d'utiliser des éprouvettes et des étalons de même longueur. Si les éprouvettes et les étalons ont des longueurs différentes, il est nécessaire de tenir compte du déplacement de l'origine. Dans ce cas, se référer à l'EN 821-1.

- Mesurer la longueur initiale de l'éprouvette à la température ambiante à l'aide de dispositifs (5.6). La précision doit être supérieure à
  - 0,05 mm pour une longueur supérieure ou égale à 10 mm, et
  - 0,02 mm pour une longueur inférieure à 10 mm.
- S'assurer que l'appareillage a été étalonné avant essai pour le type de matériau considéré, conformément au mode opératoire décrit dans l'Annexe A pour le mesurage direct [détermination de  $S$  et  $\bar{\alpha}(A)$ ], et dans l'Annexe B pour le mesurage différentiel (détermination de  $S$  et  $\delta$ ).
- Placer l'éprouvette dans le système d'essai et assurer un bon contact entre la tige poussoir et l'éprouvette. La force à appliquer à l'éprouvette dépend du système d'essai et du matériau, mais des valeurs inférieures à 1 N suffisent généralement.
- Procéder à la mise en route du dispositif de chauffage ou de refroidissement à une vitesse comprise entre 1 K/min et 5 K/min, de façon que le gradient de température soit correctement constant le long de l'éprouvette. Si la température est modifiée par paliers, elle doit être maintenue constante le temps que la longueur de l'éprouvette reste inchangée pendant au moins 5 min avant le mesurage.
- Enregistrer la température  $T$  et le déplacement  $\Delta x$ .

Dans le cas d'éprouvettes de grand volume, une montée en température par paliers est recommandée.

Le coefficient moyen de dilatation thermique linéique doit être la moyenne des résultats de mesure sur trois éprouvettes.

Il convient qu'il ne se produise aucune réaction entre la tige poussoir employée pour l'essai et l'éprouvette et l'étalon.



## 8 Calculs

### 8.1 Mesurage direct

Calculer la variation de longueur,  $\Delta l$ , du porte-éprouvette de longueur égale à la longueur initiale de l'éprouvette  $L_0$ , à partir de la Formule (1):

$$\Delta l = L_0 \bar{\alpha}_A (T_2 - T_1) \quad (1)$$

à l'aide de la valeur calculée de  $\Delta l$ , la variation de longueur  $\Delta L$  de l'éprouvette est obtenue à partir du déplacement mesuré  $S\Delta x$ :

$$\Delta L = S\Delta x + \Delta l \quad (2)$$

Calculer le coefficient moyen de dilatation thermique linéique du matériau de l'éprouvette à l'aide de la Formule (3):

$$\bar{\alpha} = \frac{\Delta L}{L_0 (T_2 - T_1)} \quad (3)$$

où

$\bar{\alpha}$  est le coefficient moyen de dilatation thermique linéique du matériau de l'éprouvette, en  $K^{-1}$ ;

$\bar{\alpha}_A$  est la correction du coefficient moyen de dilatation thermique linéique de l'appareillage dans l'intervalle de température utilisé. Il est déterminé par étalonnage (voir l'[Annexe A](#));

$L_0$  est la longueur initiale de l'éprouvette à la température ambiante, en mm;

$\Delta x$  est le déplacement enregistré (en mm, volts, etc.) dans l'intervalle de température;

$S$  est la sensibilité de mesurage du système d'enregistrement du déplacement;

$\Delta l$  est la variation de longueur du matériau du porte-éprouvette, en mm;

$\Delta L$  est la variation de longueur de l'éprouvette, en mm;

$T_2 - T_1$  est l'intervalle de température, en K, pour lequel la variation de longueur est mesurée.

La courbe de  $\frac{\Delta L}{L_0}$  en fonction de  $T$  peut être tracée.