

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Test methods for electrical materials, printed boards and other interconnection structures and assemblies –
Part 2-805: X/Y CTE test for thin base materials by TMA**

**Méthodes d'essai pour les matériaux électriques, les cartes imprimées et autres structures d'interconnexion et ensembles –
Partie 2-805: Essai à faible CDT X/Y par TMA pour matériaux de base minces**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2024 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee, ...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews, graphical symbols and the glossary. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Test methods for electrical materials, printed boards and other interconnection structures and assemblies –
Part 2-805: X/Y CTE test for thin base materials by TMA**

**Méthodes d'essai pour les matériaux électriques, les cartes imprimées et autres structures d'interconnexion et ensembles –
Partie 2-805: Essai à faible CDT X/Y par TMA pour matériaux de base minces**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.180

ISBN 978-2-8322-8700-2

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Test specimens	5
4.1 Preparation.....	5
4.2 Number.....	5
4.3 Form.....	5
4.4 Conditioning.....	6
5 Apparatus and materials	6
6 Procedure.....	6
7 Evaluation	7
7.1 General.....	7
7.2 Calculation of coefficient of thermal expansion curve.....	8
7.3 Calculation of instantaneous coefficient of thermal expansion curve (optional)	9
8 Report	9
Bibliography.....	10
Figure 1 – TMA expansion curves: first heat cycles and second heat cycles	6
Figure 2 – TMA expansion curve.....	7
Figure 3 – TMA expansion curve and instantaneous CTE curve	8

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TEST METHODS FOR ELECTRICAL MATERIALS, PRINTED BOARDS AND
OTHER INTERCONNECTION STRUCTURES AND ASSEMBLIES –****Part 2-805: X/Y CTE test for thin base materials by TMA**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 61189-2-805 has been prepared IEC technical committee 91: Electronics assembly technology. It is an International Standard.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
91/1755/CDV	91/1782/RVC

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 61189 series, published under the general title *Test methods for electrical materials, printed boards and other interconnection structures and assemblies*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

TEST METHODS FOR ELECTRICAL MATERIALS, PRINTED BOARDS AND OTHER INTERCONNECTION STRUCTURES AND ASSEMBLIES –

Part 2-805: X/Y CTE test for thin base materials by TMA

1 Scope

This part of IEC 61189 defines the method to be followed for the determination of the X/Y coefficient of thermal expansion of thin electrical insulating materials via the use of a thermomechanical analyser (TMA). This method is applicable to materials that are solid for the entire range of temperature used, and that retain sufficient rigidity over the temperature range so that so that irreversible indentation of the specimen by the sensing probe does not occur.

2 Normative references

There are no normative references in this document.

3 Terms and definitions

No terms and definitions are listed in this document.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

4 Test specimens

4.1 Preparation

The test specimen shall be between 0,01 mm and 0,5 mm thick. The effective length of the sample clamped in the fixture shall be 8 mm and the recommended length of the sample is 60 mm, The sample width shall be 4 mm.

NOTE The test results will vary based upon the layup used, the resin to glass ratio and the ultimate cure of the laminated stack.

4.2 Number

One specimen shall be prepared unless noted otherwise for each direction X and Y.

4.3 Form

The test specimen shall be cut to the specified size using appropriate procedures and equipment to minimize thermal shock and mechanical stress. The edges shall be smooth and without tears.

4.4 Conditioning

The specimens shall be preconditioned by baking for one hour \pm 15 minutes.

After removal from the oven, the specimens shall be allowed to cool to room temperature in a desiccator or drying cabinet capable of maintaining an atmosphere less than 30 % RH at 23 °C.

5 Apparatus and materials

- a) Thermomechanical analyzer (TMA) capable of detecting dimensional change to within $\pm 0,002$ 50 mm margin over the specified temperature range. It is desirable to have a TMA comprised of a data acquisition and analysis system as well as the thermal cell. The TMA shall have an environmental chamber capable of holding pure flush gas and an ultimate temperature of 350 °C.
- b) Drying chamber air circulating oven capable of maintaining 105 ± 2 °C.
- c) Desiccator or low humidity drying cabinet capable of maintaining less than 30 % relative humidity at 23 °C.
- d) Specimen preparation: Etching system capable of complete removal of the metallic cladding.

6 Procedure

- a) Metal-clad samples shall be tested without the cladding. Etch and dry the samples using appropriate procedures and equipment.
- b) Calibrate of the TMA instrument should be carried out according to the manufacturer's instructions.
- c) Remove the specimen from the desiccator and place the specimen using the thin film fixture clamp of the TMA stage. The first test should be with the sample oriented in the "X" direction.

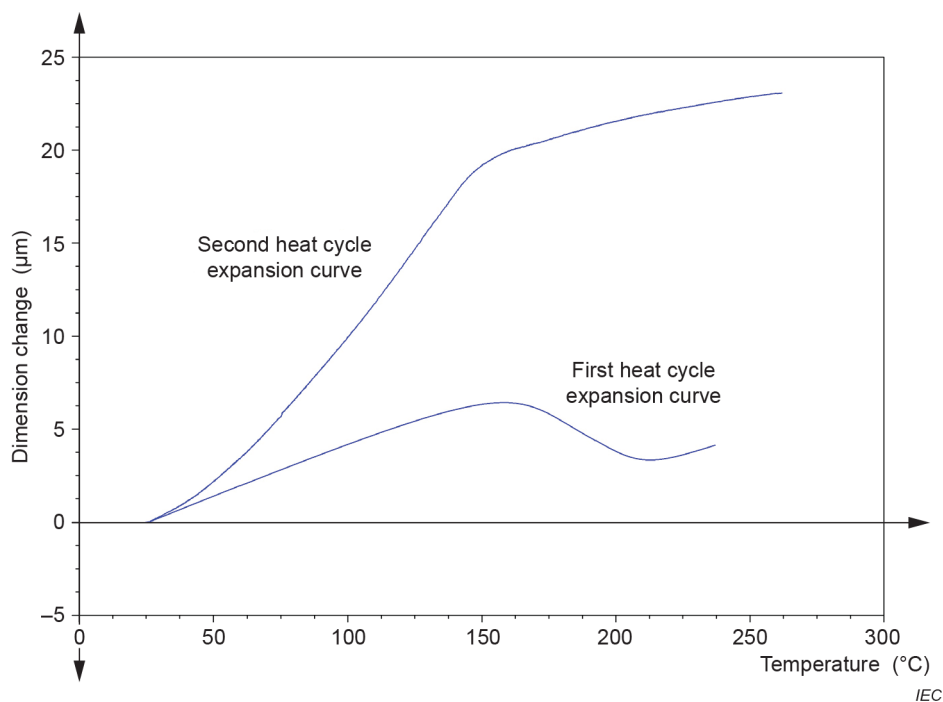


Figure 1 – TMA expansion curves: first heat cycles and second heat cycles

- d) Apply 0,03 N of tension force and enclose the specimen.
- e) Start a pure gas purge at the rate of 30 ml/min to 150 ml/min to the environmental chamber.
- f) Start the temperature ramp (or scan) from room temperature or other specified temperature.

- g) Depending on the sample preparation, two heating cycles may be required to obtain accurate CTE information. If the samples show unexpected shrinkage (see Figure 1), the two heat test method is required. If two heating cycles are needed, perform procedure h) i) and j), if just scan once, perform procedure j). The heating rate shall be conducted at 10 °C/minute for both cycles.
- h) The temperature excursion of the first scan shall be until a temperature of 20 °C above the glass transition temperature (T_g) is observed. Hold the temperature for a minimum of 5 minutes or until the thermal relaxation has stopped. Avoid holding the temperature for too long so as to avoid degradation of the specimen.
- i) Cool the specimen to the initial temperature at 5 °C/min to 10 °C/min.
- j) Repeat the procedure for the second heat cycle. The second heat cycle should end at the temperature as specified.

7 Evaluation

7.1 General

The TMA expansion curve should resemble the plot shown in Figure 2.

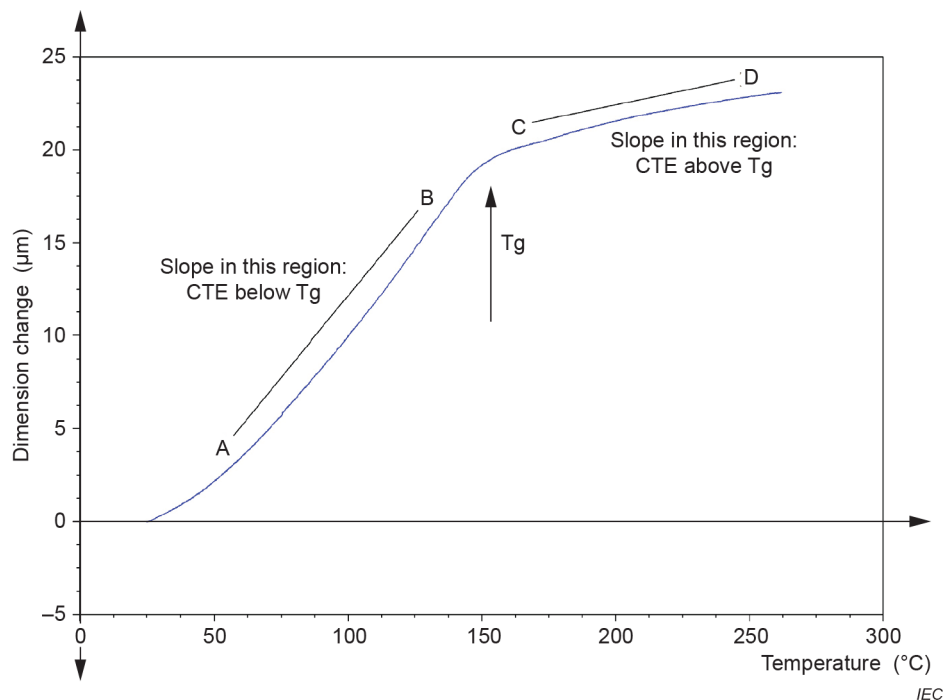


Figure 2 – TMA expansion curve

An ideal TMA curve has a linear section below the T_g and a linear section above the T_g . The software of the TMA may provide a more normalized result by averaging the data.

Examine all the specimens for signs of excessive loads, distortions, tears and other defects. If any defects or specimen irregularities are found, discard the specimen and start over.

The analysis shall be repeated on the Y specimen. In most modern TMA instruments, the calculations are handled by the system software.

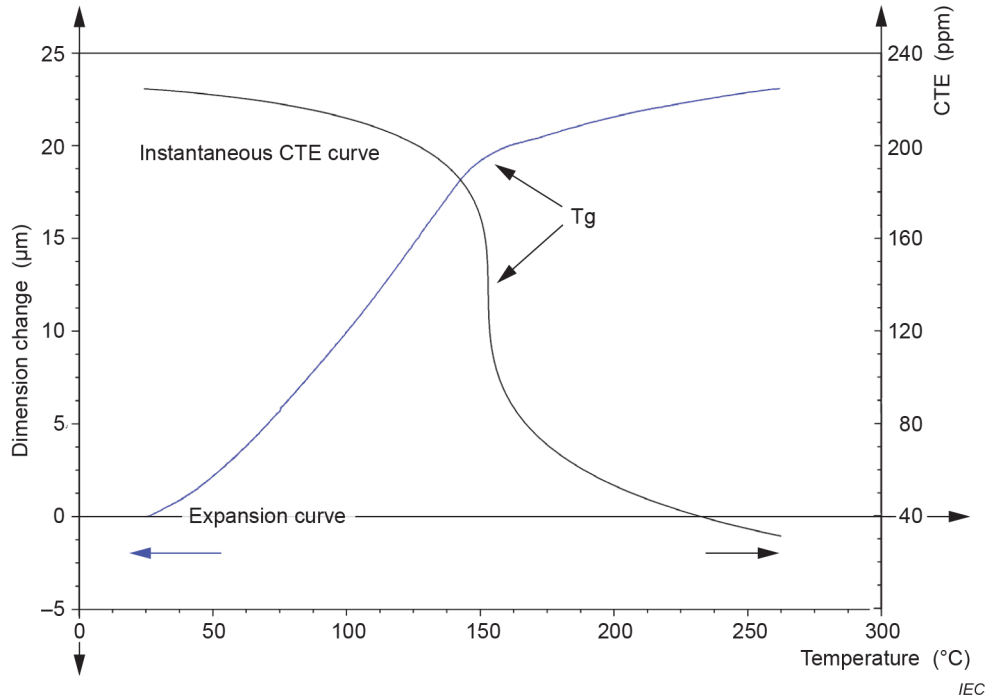


Figure 3 – TMA expansion curve and instantaneous CTE curve

7.2 Calculation of coefficient of thermal expansion curve

The average coefficient of thermal expansion α over the temperature interval of interest is calculated as follows:

- a) CTE below glass transition

$$\alpha_{(B-A)} = \frac{(C_B - C_A)10^6}{L_0(T_B - T_A)}$$

For most materials, this will be the range of 7 ppm to 50 ppm (reinforced) or 30 ppm to 150 ppm (unreinforced)

- b) CTE above glass transition

$$\alpha_{(D-C)} = \frac{(C_D - C_C)10^6}{L_0(T_D - T_C)}$$

For most materials, this will be the range of 50 ppm to 100 ppm (reinforced) or 150 ppm to 500 ppm (unreinforced). Any reinforced materials, where the reinforcement has negative CTE, will shrink rather than expand when heated above T_g of the resin.

T_A = temperature at point A in Figure 2;

T_B = temperature at point B in Figure 2;

T_C = temperature at point C in Figure 2;

T_D = temperature at point D in Figure 2;

L_0 = initial length or thickness;

C_A = dimensional change at point A in Figure 2;

C_B = dimensional change at point B in Figure 2;

C_C = dimensional change at point C in Figure 2;

C_D = dimensional change at point D in Figure 2.

7.3 Calculation of instantaneous coefficient of thermal expansion curve (optional)

The instantaneous CTE curve is the slope of the TMA expansion curve plotted as a function of temperature. Figure 3 shows a combined expansion curve and its resulting instantaneous CTE curve.

The instantaneous CTE (α_{Ti}) is calculated at each temperature (T_i) from the slope of the TMA expansion curve (dL/dT) at that temperature:

$$\alpha_{Ti} = \frac{1}{L_0} \left(\frac{dL_i}{dT} \right)$$

8 Report

The test report shall include:

- a) the test method number and revision level;
- b) the identification and description of the material tested;
- c) the initial dimension of the specimen in both the "X" and "Y" directions;
- d) the room temperature and the relative humidity under which the test was conducted;
- e) the date of the test;
- f) the temperature ramp-up rate if divergent from 10 °C / minute;
- g) the type of pure gas or nitrogen gas used;
- h) the calculated average "X" coefficient of expansion;
- i) the calculated average "Y" coefficient of expansion;
- j) any deviation from this test method;
- k) the name of the person conducting the test.

Bibliography

IEC 60194-1:2021, *Printed boards design, manufacture and assembly – Vocabulary – Part 1: Common usage in printed board and electronic assembly technologies*

IPC-TM-650, *Test Method 2.4.24.5 – Glass Transition Temperature and Thermal Expansion of Materials Used In High Density Interconnection (HDI) and Microvias – TMA Method*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	13
1 Domaine d'application	15
2 Références normatives	15
3 Termes et définitions	15
4 Spécimens d'essai	15
4.1 Préparation	15
4.2 Nombre	15
4.3 Forme	15
4.4 Conditionnement	16
5 Appareillage et matériaux	16
6 Mode opératoire	16
7 Évaluation	17
7.1 Généralités	17
7.2 Calcul de la courbe du coefficient de dilatation thermique	18
7.3 Calcul de la courbe du coefficient de dilatation thermique instantané (facultatif)	19
8 Rapport	19
Bibliographie	20
 Figure 1 – Courbes de dilatation du TMA: premiers cycles thermiques et seconds cycles thermiques	16
Figure 2 – Courbe de dilatation du TMA	17
Figure 3 – Courbe de dilatation du TMA et courbe du CDT instantané	18

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODES D'ESSAI POUR LES MATÉRIAUX ÉLECTRIQUES,
LES CARTES IMPRIMÉES ET AUTRES STRUCTURES
D'INTERCONNEXION ET ENSEMBLES –****Partie 2-805: Essai à faible CDT X/Y par TMA
pour matériaux de base minces**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'a pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

L'IEC 61189-2-805 a été établie par le comité d'études 91 de l'IEC: Techniques d'assemblage des composants électroniques. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
91/1755/CDV	91/1782/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61189, publiées sous le titre général *Méthodes d'essai pour les matériaux électriques, les cartes imprimées et autres structures d'interconnexion et ensembles*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'il contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.

MÉTHODES D'ESSAI POUR LES MATÉRIAUX ÉLECTRIQUES, LES CARTES IMPRIMÉES ET AUTRES STRUCTURES D'INTERCONNEXION ET ENSEMBLES –

Partie 2-805: Essai à faible CDT X/Y par TMA pour matériaux de base minces

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61189 définit la méthode à suivre pour la détermination du coefficient de dilatation thermique X/Y de matériaux isolants électriques minces par l'utilisation d'un analyseur thermomécanique (TMA, *thermomechanical analyser*). Cette méthode est applicable aux matériaux qui sont solides sur toute la plage de températures utilisée et qui conservent une rigidité suffisante sur toute la plage de températures, de telle sorte qu'une indentation irréversible du spécimen par la sonde de détection ne se produise pas.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

4 Spécimens d'essai

4.1 Préparation

Les spécimens d'essai doivent avoir une épaisseur comprise entre 0,01 mm et 0,5 mm. La longueur effective de l'échantillon serré dans le dispositif doit être de 8 mm et la longueur recommandée de l'échantillon est de 60 mm. La largeur de l'échantillon doit être de 4 mm.

NOTE Les résultats d'essai varient en fonction de la disposition utilisée, du rapport résine/verre et du traitement ultime de l'empilage stratifié.

4.2 Nombre

Un spécimen doit être préparé, sauf indication contraire, pour chaque direction X et Y.

4.3 Forme

Le spécimen d'essai doit être coupé à la taille spécifiée en utilisant des procédures et des équipements appropriés pour réduire le plus possible les chocs thermiques et les contraintes mécaniques. Les bords doivent être lisses et sans déchirures.

4.4 Conditionnement

Les spécimens doivent être préconditionnés par cuisson pendant $1 \text{ h} \pm 15 \text{ min}$.

Après les avoir retirés de l'étuve, les spécimens doivent être mis à refroidir jusqu'à la température ambiante dans un dessiccateur ou une étuve de séchage capable de maintenir une atmosphère inférieure à 30 % d'humidité relative à $23 \text{ }^\circ\text{C}$.

5 Appareillage et matériaux

- Analyseur thermomécanique (TMA) capable de détecter les changements de dimension à $\pm 0,0025 \text{ mm}$ près sur la plage de températures spécifiée. Il est souhaitable d'avoir un TMA comprenant un système d'acquisition et d'analyse des données ainsi que la cellule thermique. Le TMA doit disposer d'une enceinte climatique capable de contenir du gaz de chasse pur et une température ultime de $350 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Chambre de séchage: four à circulation d'air capable de maintenir une température de $105 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Dessiccateur à faible humidité: étuve de séchage capable de maintenir une humidité relative inférieure à 30 % à $23 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Préparation du spécimen: système de gravure capable d'éliminer complètement le revêtement métallique.

6 Mode opératoire

- Les échantillons plaqués métal doivent être soumis à essai sans revêtement. Graver et sécher les échantillons en utilisant les modes opératoires et les équipements appropriés.
- Il convient de procéder à l'étalonnage du TMA conformément aux instructions du fabricant.
- Retirer le spécimen du dessiccateur et le mettre en place à l'aide de la pince de fixation pour film mince de la platine TMA. Il convient d'effectuer le premier essai avec l'échantillon orienté dans la direction "X".

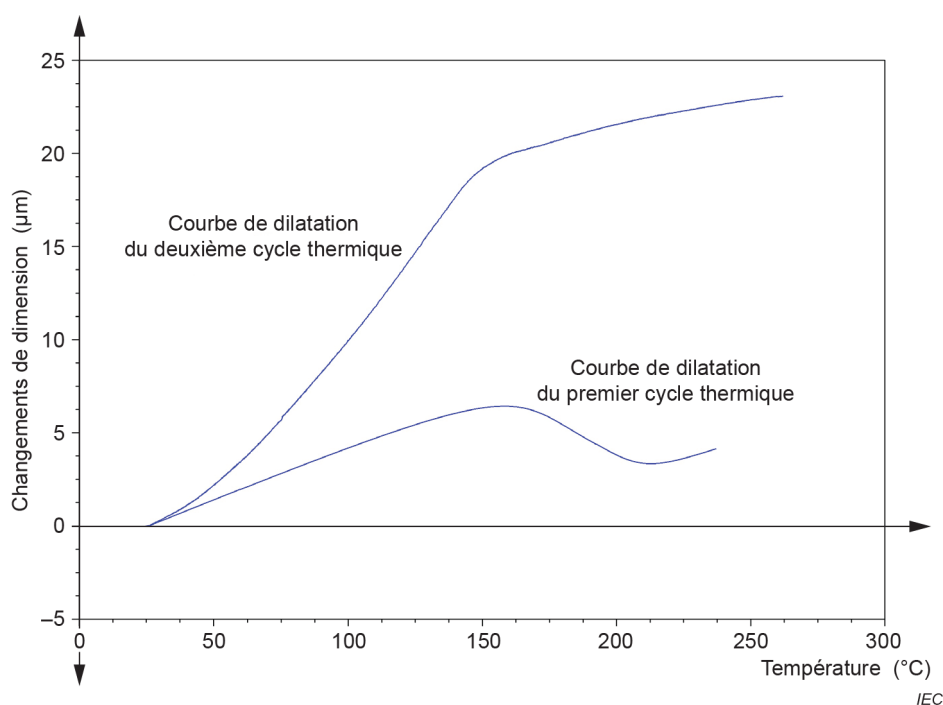


Figure 1 – Courbes de dilatation du TMA: premiers cycles thermiques et seconds cycles thermiques

- d) Appliquer une force de tension de 0,03 N et confiner le spécimen.
- e) Lancer une purge de gaz pur à un débit de 30 ml/min à 150 ml/min dans l'enceinte climatique.
- f) Commencer la montée/descente progressive en température (ou le balayage de température) à partir de la température ambiante ou d'une autre température spécifiée.
- g) Selon la préparation de l'échantillon, deux cycles de chauffage peuvent être exigés pour obtenir des informations précises sur le CDT (coefficient de dilatation thermique). Si les échantillons présentent une rétraction inattendue (voir Figure 1), la méthode d'essai à deux cycles de chauffage est exigée. Si deux cycles de chauffage sont nécessaires, effectuer les modes opératoires h), i) et j); si un seul balayage est réalisé, effectuer le mode opératoire j). La vitesse de chauffage doit être de 10 °C/ minute pour les deux cycles.
- h) L'amplitude de température du premier balayage doit être telle qu'une température de 20 °C supérieure à la température de transition vitreuse (T_g) soit observée. Maintenir la température pendant au moins 5 minutes ou jusqu'à ce que la relaxation thermique ait cessé. Éviter de maintenir la température trop longtemps afin d'éviter la dégradation du spécimen.
- i) Refroidir le spécimen jusqu'à la température initiale à raison de 5 °C/min à 10 °C/min.
- j) Répéter le mode opératoire pour le deuxième cycle de chauffage. Il convient de terminer le deuxième cycle de chauffage à la température spécifiée.

7 Évaluation

7.1 Généralités

Il convient que la courbe de dilatation du TMA soit analogue au tracé représenté à la Figure 2.

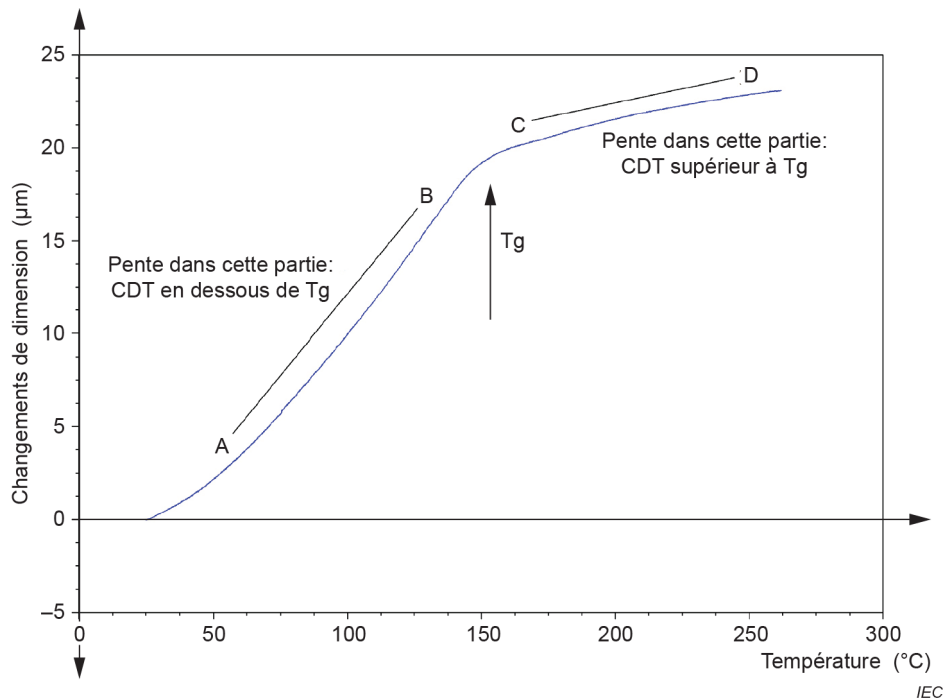


Figure 2 – Courbe de dilatation du TMA

La courbe d'un TMA idéal présente une section linéaire en dessous de la T_g et une section linéaire au-dessus de la T_g . Le logiciel du TMA peut fournir un résultat plus normalisé par moyennage des données.

Examiner tous les spécimens afin de détecter des signes de charges excessives, de déformations, de déchirures et d'autres défauts. Si des défauts ou des irrégularités sont constatés, rejeter le spécimen et recommencer.

L'analyse doit être répétée sur le spécimen Y. Pour la plupart des TMA modernes, les calculs sont effectués par le logiciel du système.

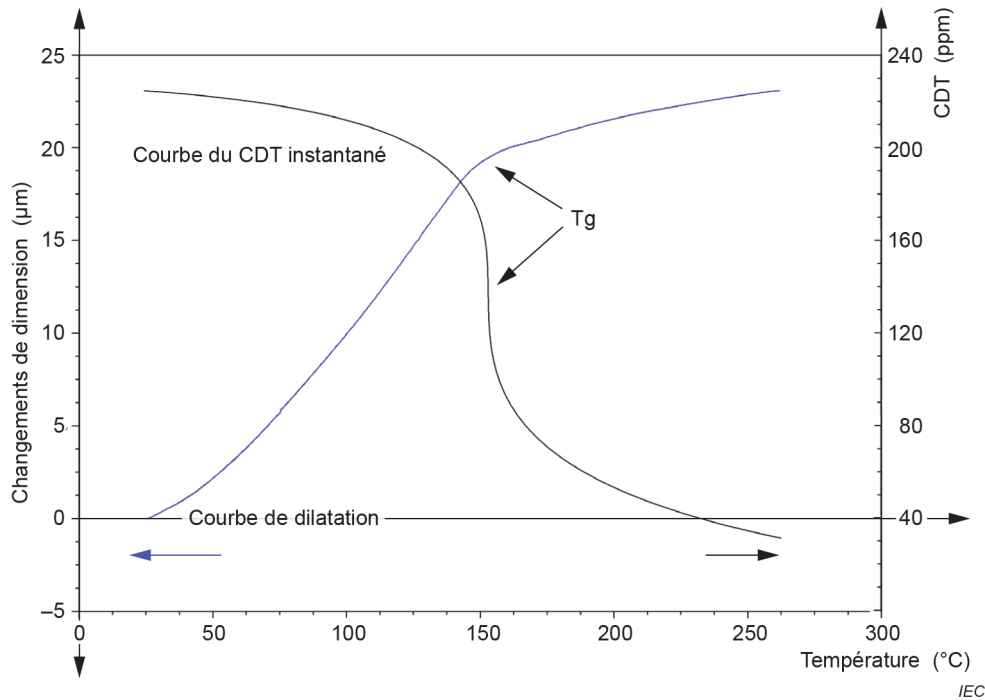


Figure 3 – Courbe de dilatation du TMA et courbe du CDT instantané

7.2 Calcul de la courbe du coefficient de dilatation thermique

Le coefficient de dilatation thermique moyen, α , sur l'intervalle de températures d'intérêt est calculé comme suit:

- a) CDT en dessous de la transition vitreuse

$$\alpha_{(B-A)} = \frac{(C_B - C_A) 10^6}{L_0 (T_B - T_A)}$$

Pour la plupart des matériaux, il est compris entre 7 ppm et 50 ppm (renforcé) ou entre 30 ppm et 150 ppm (non renforcé)

- b) CDT au-dessus de la transition vitreuse

$$\alpha_{(D-C)} = \frac{(C_D - C_C) 10^6}{L_0 (T_D - T_C)}$$

Pour la plupart des matériaux, il est compris entre 50 ppm et 100 ppm (renforcé) ou entre 150 ppm et 500 ppm (non renforcé). Tous les matériaux renforcés, pour lesquels le renforcement a un CDT négatif, se rétractent plutôt que de se dilater lorsqu'ils sont chauffés au-dessus de la Tg de la résine.

T_A = température au point A à la Figure 2;

T_B = température au point B à la Figure 2;

T_C = température au point C à la Figure 2;

T_D = température au point D à la Figure 2;

L_0 = longueur ou épaisseur initiale;

C_A = changements de dimension au point A à la Figure 2;

C_B = changements de dimension au point B à la Figure 2;

C_C = changements de dimension au point C à la Figure 2;

C_D = changements de dimension au point D à la Figure 2.

7.3 Calcul de la courbe du coefficient de dilatation thermique instantané (facultatif)

La courbe du CDT instantané est la pente de la courbe de dilatation du TMA tracée en fonction de la température. La Figure 3 représente une courbe de dilatation combinée et la courbe du CDT instantané qui en résulte.

Le CDT instantané (α_{Ti}) est calculé à chaque température (T_i) à partir de la pente de la courbe de dilatation du TMA (dL/dT) à cette température:

$$\alpha_{Ti} = \frac{1}{L_0} \left(\frac{dL_i}{dT} \right)$$

8 Rapport

Le rapport d'essai doit comprendre:

- a) le numéro et le niveau de révision de la méthode d'essai;
- b) l'identification et la description du matériau soumis à essai;
- c) la dimension initiale du spécimen dans les deux directions "X" et "Y";
- d) la température ambiante et l'humidité relative auxquelles l'essai a été réalisé;
- e) la date de l'essai;
- f) la vitesse de montée en température si elle diffère de 10 °C / minute;
- g) le type de gaz pur ou d'azote gazeux utilisé;
- h) le coefficient de dilatation moyen calculé dans la direction "X";
- i) le coefficient de dilatation moyen calculé dans la direction "Y";
- j) tout écart par rapport à cette méthode d'essai;
- k) le nom de la personne qui a effectué l'essai.

Bibliographie

IEC 60194-1:2021, *Conception, fabrication et assemblage de cartes imprimées – Vocabulaire – Partie 1: Usage commun des techniques d'assemblage des composants électroniques et des cartes imprimées*

IPC-TM-650, *Méthode d'essai 2.4.24.5 – Température de transition vitreuse et dilatation thermique des matériaux utilisés dans les interconnexions haute densité (HDI) et les microvias – Méthode TMA*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch