

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61189-2

Première édition
First edition
1997-04

**Méthodes d'essais pour les matériaux électriques,
les cartes imprimées et autres structures
d'interconnexion et ensembles –**

**Partie 2:
Méthodes d'essai des matériaux
pour structures d'interconnexion**

**Test methods for electrical materials,
printed boards and other interconnection
structures and assemblies –**

**Part 2:
Test methods for materials
for interconnection structures**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61189-2:1997

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61189-2

Première édition
First edition
1997-04

**Méthodes d'essais pour les matériaux électriques,
les cartes imprimées et autres structures
d'interconnexion et ensembles –**

**Partie 2:
Méthodes d'essai des matériaux
pour structures d'interconnexion**

**Test methods for electrical materials,
printed boards and other interconnection
structures and assemblies –**

**Part 2:
Test methods for materials
for interconnection structures**

© IEC 1997 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XB**

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application et objet	8
2 Références normatives	8
3 Exactitude, précision et résolution.....	8
4 Recueil de méthodes d'essais approuvées.....	16
5 P: Méthodes d'essais de préparation ou de conditionnement.....	16
6 V: Méthodes d'essais visuels	16
7 D: Méthodes d'essais dimensionnels.....	16
8 C: Méthodes d'essais chimiques	18
9 M: Méthodes d'essais mécaniques.....	38
10 E: Méthodes d'essais électriques	92
11 N: Méthodes d'essais relatifs à l'environnement	108
12 X: Méthodes d'essais divers.....	108
Tableaux	
1 Distribution «t» de Student.....	14
2 Dimensions de l'électrode pour essais	100
3 Résistance aux amorçages	106
4 Procédures de nettoyage	90
Figures	
1 Position des éprouvettes	110
2 Bain de sable fluidisé.....	112
3 Dimensions de l'électrode pour essais de résistivité transversale et de résistivité superficielle	114
4 Raccordements de l'électrode pour la mesure de la résistivité transversale	114
5 Raccordements de l'électrode pour mesurer la résistivité superficielle.....	114
6 Circuit d'essai de résistance aux amorçages	116
7 Sous-ensemble d'électrodes en alliage acier tungstène.....	118
8 Eprouvette pour la mesure de la force d'adhérence	120
9 Impression d'essai poinçonnée pour l'essai d'arrachement.....	122
10 Impressions d'essai pour essai de remplissage de dégagement	122
11 Entassement normalisé des matériaux dans la presse pour la préparation des spécimens d'essai pour les essais d'arbitrage	124
12 Profils des conditions de presse pour la préparation des spécimens pour les essais d'arbitrage	124
Annexes	
A Exemples réalisés	126
B Tableau de conversion	130

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope and object.....	9
2 Normative references	9
3 Accuracy, precision and resolution	9
4 Catalogue of approved test methods.....	17
5 P: Preparation/conditioning test methods	17
6 V: Visual test methods	17
7 D: Dimensional test methods	17
8 C: Chemical test methods	19
9 M: Mechanical test methods	39
10 E: Electrical test methods	93
11 N: Environmental test methods	109
12 X: Miscellaneous test methods.....	109
Tables	
1 Student's " t " distribution.....	15
2 Test pattern dimensions	101
3 Arc resistance	107
4 Cleaning procedures.....	91
Figures	
1 Position of specimens.....	111
2 Fluidized sand bath.....	113
3 Electrode dimensions for volume resistivity and surface resistivity tests	115
4 Electrode connections for measuring volume resistance.....	115
5 Electrode connections for measuring surface resistance	115
6 Arc-resistance test circuit	117
7 Tungsten steel rod electrode assembly	119
8 Specimen for peel strength measurement	121
9 Punched test pattern for squeeze-out test	123
10 Test patterns for clearance filling test	123
11 Standard lay-up of materials in the press to prepare the test specimens for referee tests	125
12 Profiles of press conditions to prepare the test specimens for referee tests.....	125
Annexes	
A Worked examples.....	127
B Conversion table.....	131

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

Méthodes d'essais pour les matériaux électriques, les cartes imprimées et autres structures d'interconnexion et ensembles –

Partie 2: Méthodes d'essai des matériaux pour structures d'interconnexion

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61189-2 a été établie par le comité d'études 52 de la CEI: Circuits imprimés, en collaboration avec les comités d'études 91: Technique du montage en surface, et 50: Essais d'environnement.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
52/636/FDIS	52/700/RVD

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

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

La présente norme doit être utilisée conjointement avec les parties suivantes de la CEI 61189, sous le titre générique *Méthodes d'essai pour les matériaux électriques, les structures d'interconnexion et les ensembles*:

Partie 1: Méthodes d'essai générales et méthodologie

Partie 3: Méthodes d'essai des structures d'interconnexion

Partie 4: Méthodes d'essai des composants électroniques caractéristiques de montage

Partie 5: Méthodes d'essai des ensembles de structures d'interconnexion

et également la norme suivante

CEI 60068: *Essais d'environnement*

Le contenu du corrigendum de juin 1997 a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**Test methods for electrical materials,
printed boards and other interconnection structures
and assemblies –**

**Part 2: Test methods for materials for
interconnection structures**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61189-2 has been prepared by IEC technical committee 52: Printed circuits, in cooperation with technical committee 91: Surface mounting technology, and technical committee 50: Environmental testing.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
52/636/FDIS	52/700/RVD

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

Annexes A and B are for information only.

This standard should be used in conjunction with the following parts of IEC 61189, under generic title *Test methods for electrical materials, interconnection structures and assemblies*:

- Part 1: General test methods and methodology
- Part 3: Test methods for interconnection structures (printed boards)
- Part 4: Test methods for electronic components assembling characteristics
- Part 5: Test methods printed board assemblies

and also the following standard

IEC 60068: *Environmental testing*

The contents of the corrigendum of June 1997 have been included in this copy.

INTRODUCTION

La CEI 61189 porte sur les méthodes d'essais applicables aux cartes imprimées et équipées ainsi que sur la robustesse des matériaux et des composants employés sans tenir compte de leur mode de fabrication.

Cette norme est divisée en plusieurs parties distinctes qui traitent des informations à l'usage des concepteurs et des techniciens ou ingénieurs chargés de la méthodologie des essais. Chacune de ces parties a son but particulier; les méthodes sont groupées en fonction de leur application et sont numérotées successivement, à mesure de leur élaboration et de leur publication.

On a repris dans certains cas des méthodes d'essai élaborées par d'autres comités d'études (le CE 50 par exemple) à partir d'autres normes de la CEI, dans l'intention de fournir à l'utilisateur un ensemble complet de méthodes d'essai. Ces cas sont mentionnés dans la méthode d'essai correspondante et, si cette méthode d'essai a subi une légère révision, les alinéas modifiés sont signalés.

Cette partie de la CEI 61189 comporte des méthodes d'essai applicables aux matériaux utilisés pour constituer des structures d'interconnexion (cartes imprimées) et des ensembles électroniques. Ces méthodes sont autonomes et comportent suffisamment de détails et de descriptions pour que l'uniformité et la reproductibilité des procédures et des méthodologies d'essai soient assurées.

Les essais qui figurent dans la présente publication sont groupés en fonction du code suivant:

- P: méthodes de préparation ou de conditionnement
- V: méthodes d'essais visuels
- D: méthodes d'essais dimensionnels
- C: méthodes d'essais chimiques
- M: méthodes d'essais mécaniques
- E: méthodes d'essais électriques
- N: méthodes d'essais relatives à l'environnement
- X: méthodes d'essais divers

Pour faciliter le renvoi aux essais, garder une présentation cohérente et prévoir l'expansion future, chaque essai est identifié par un numéro (attribué successivement) auquel s'ajoute en préfixe la lettre (code du groupe) qui correspond au groupe auquel appartient la méthode d'essai.

Les numéros des méthodes d'essai ne déterminent pas une éventuelle séquence d'essai; cette responsabilité dépend de la spécification qui impose l'exécution d'une méthode donnée. Dans la plupart des cas, la spécification appropriée indique aussi les critères d'acceptation et de rejet.

L'ensemble lettre et numéro donne la référence à utiliser dans la spécification appropriée. Ainsi «2D01» représente la première méthode d'essai des dimensions exposée dans la présente publication.

En bref, dans cet exemple «2» représente la partie de la norme de la CEI (61189-2), D, le groupe de méthodes et 01, le numéro de l'essai.

L'annexe B donne la liste de toutes les méthodes d'essai de cette norme, ainsi que de celles qui sont à l'étude. Cette annexe fera l'objet de mises à jour lors de l'introduction de nouveaux essais.

INTRODUCTION

IEC 61189 relates to test methods for printed boards and printed board assemblies, as well as related materials or component robustness, irrespective of their method of manufacture.

The standard is divided into separate parts, covering information for the designer and the test methodology engineer or technician. Each part has a specific focus; methods are grouped according to their application and numbered sequentially as they are developed and released.

In some instances test methods developed by other TCs (e.g. TC 50) have been reproduced from existing IEC standards in order to provide the reader with a comprehensive set of test methods. When this situation occurs, it will be noted on the specific test method; if the test method is reproduced with minor revision, those paragraphs that are different are identified.

This part of IEC 61189 contains test methods for materials used to produce interconnection structures (printed boards) and electronic assemblies. The methods are self-contained, with sufficient detail and description so as to achieve uniformity and reproducibility in the procedures and test methodologies.

The tests shown in this standard are grouped according to the following principles:

- P: preparation/conditioning methods
- V: visual test methods
- D: dimensional test methods
- C: chemical test methods
- M: mechanical test methods
- E: electrical test methods
- N: environmental test methods
- X: miscellaneous test methods

To facilitate reference to the tests, to retain consistency of presentation, and to provide for future expansion, each test is identified by a number (assigned sequentially) added to the prefix (group code) letter showing the group to which the test method belongs.

The test method numbers have no significance with respect to an eventual test sequence; that responsibility rests with the relevant specification that calls for the method being performed. The relevant specification, in most instances, also describes pass/fail criteria.

The letter and number combinations are for reference purposes, to be used by the relevant specification. Thus "2D01" represents the first dimensional test method described in this publication.

In short, for this example, 2 is the part of IEC standard (61189-2), D is the group of methods, and 01 is the test number.

A list of all test methods included in this standard, as well as those under consideration is given in annex B. This annex will be reissued whenever new tests are introduced.

Méthodes d'essais pour les matériaux électriques, les cartes imprimées et autres structures d'interconnexion et ensembles –

Partie 2: Méthodes d'essai des matériaux pour structures d'interconnexion

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61189 constitue un recueil de méthodes d'essai représentant les méthodologies et les procédures qui peuvent être appliquées pour essayer les matériaux utilisés pour fabriquer des structures d'interconnexion (cartes imprimées) et des ensembles.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente section de la CEI 61189. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 61189 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes Internationales en vigueur.

CEI 60068-2-2: 1974, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essais B: Chaleur sèche*

CEI 60249-1: 1982, *Matériaux de base pour circuits imprimés – Première partie: Méthodes d'essai*

CEI 60249-3-1: 1981, *Matériaux de base pour circuits imprimés – Troisième partie: Matériaux spéciaux utilisés en association avec les circuits imprimés – Spécification n° 1: Feuille préimprégnée utilisée comme matériau de collage dans la fabrication des cartes imprimées multicouches*

3 Exactitude, précision et résolution

Les erreurs et les incertitudes sont inhérentes à toutes les méthodes de mesurage. Les renseignements donnés ci-dessous permettent de faire des évaluations valables de la quantité d'erreurs et d'incertitudes à prendre en compte.

Les données d'essai poursuivent un certain nombre de buts tels que:

- le contrôle du processus;
- une confiance accrue dans la conformité de la qualité;
- l'arbitrage entre le client et le fournisseur.

Dans n'importe laquelle de ces circonstances, il est essentiel que la confiance puisse être placée dans les données d'essai en termes de:

- exactitude: étalonnage des instruments et/ou du système d'essai;
- précision: la reproductibilité et l'incertitude dans le mesurage;
- résolution: l'adaptation des instruments et/ou du système à l'essai.

Test methods for electrical materials, printed boards and other interconnection structures and assemblies –

Part 2: Test methods for materials for interconnection structures

1 Scope and object

This part of IEC 61189 is a catalogue of test methods representing methodologies and procedures that can be applied to test materials used for manufacturing interconnection structures (printed boards) and assemblies.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61189. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 61189 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60068-2-2: 1974, *Environmental testing – Part 2: Tests – Tests B: Dry heat*

IEC 60249-1: 1982, *Base materials for printed circuits – Part 1: Test methods*

IEC 60249-3-1: 1981, *Base materials for printed circuits – Part 3: Special materials used in connection with printed circuits – Specification No. 1: Prepreg for use as bonding sheet material in the fabrication of multilayer printed boards*

3 Accuracy, precision and resolution

Errors and uncertainties are inherent in all measurement processes. The information given below enables valid estimates of the amount of error and uncertainty to be taken into account.

Test data serve a number of purposes which include:

- to monitor a process,
- to enhance confidence in quality conformance;
- to arbitrate between customer and supplier.

In any of these circumstances, it is essential that confidence can be placed upon the test data in terms of:

- accuracy: calibration of the test instruments and/or system;
- precision: the repeatability and uncertainty of the measurement;
- resolution: the suitability of the instruments and/or system for the test.

3.1 Exactitude

Le régime par lequel l'étalonnage d'usage de l'équipement d'essai est entrepris doit être clairement déclaré dans la documentation qualité du fournisseur ou de l'organisme conduisant l'essai et doit satisfaire aux exigences du 4.11 de l'ISO 9002.

L'étalonnage doit être conduit par un organisme accrédité auprès d'un institut national ou international de normalisation de métrologie. Il convient qu'il y ait une chaîne ininterrompue de raccordement jusqu'à un étalon national ou international.

Si le raccordement à un étalon national ou international n'est pas possible, les techniques «inter-laboratoires» peuvent être utilisées et munies de pièces justificatives pour renforcer la confiance dans l'exactitude du mesurage.

L'intervalle d'étalonnage doit être normalement d'un an. Un équipement qui se trouve régulièrement en dehors des limites d'exactitude acceptables doit être soumis à des intervalles d'étalonnage plus courts. Un équipement qui se trouve régulièrement dans des limites acceptables peut être soumis à des intervalles d'étalonnage assouplis.

Un rapport d'étalonnage et l'historique de la maintenance doivent être gardés pour chaque instrument. Ces pièces devraient indiquer l'incertitude de la technique d'étalonnage (en $\pm$ % de déviation) afin que ces incertitudes de mesurage puissent être regroupées et évaluées.

Une procédure doit être mise en oeuvre pour résoudre toute situation où un instrument se situe en dehors des limites d'étalonnage.

3.2 Précision

La loi d'incertitude de toute technique de mesurage est formée d'incertitudes à la fois systématiques et aléatoires. Toutes les estimations doivent être basées sur un seul niveau de confiance, le minimum étant de 95 %.

Les incertitudes systématiques sont généralement prédominantes et pourront comprendre toutes les incertitudes non soumises à des fluctuations aléatoires. Elles comprennent:

- les incertitudes dans l'étalonnage;
- les erreurs dues à l'utilisation d'un instrument dans des conditions différentes de celles dans lesquelles il a été étalonné;
- les erreurs dans la graduation d'échelle d'un appareil analogique (erreur d'échelle).

Les incertitudes aléatoires proviennent de nombreuses sources, mais peuvent être déduites du mesurage répété d'un étalon. Il n'est donc pas nécessaire d'isoler les contributions individuelles. Elles peuvent comprendre:

- des fluctuations aléatoires telles que celles dues aux variations d'un paramètre d'influence. Typiquement, les changements dans les conditions atmosphériques réduisent la reproductibilité d'un mesurage;
- une incertitude de mobilité, telle que le réglage d'un pointeur sur un repère conventionnel ou l'incertitude d'interpolation entre les graduations d'une échelle analogique.

Agrégation des incertitudes: L'addition géométrique (racine carrée de la somme des carrés) des incertitudes peut être utilisée dans la plupart des cas. L'erreur d'interpolation est normalement ajoutée séparément et peut être acceptée comme étant 20 % de la différence entre les graduations les plus fines de l'échelle de l'instrument.

3.1 Accuracy

The regime by which routine calibration of the test equipment is undertaken shall be clearly stated in the quality documentation of the supplier or agency conducting the test, and shall meet the requirements of 4.11 of ISO 9002.

The calibration shall be conducted by an agency having accreditation to a national or international measurement standard institute. There should be an uninterrupted chain of calibration to a national or international standard.

Where calibration to a national or international standard is not possible, "round robin" techniques may be used, and documented, to enhance confidence in measurement accuracy.

The calibration interval shall normally be one year. Equipment consistently found to be outside acceptable limits of accuracy shall be subject to shortened calibration intervals. Equipment consistently found to be well within acceptable limits may be subject to relaxed calibration intervals.

A record of the calibration and maintenance history shall be maintained for each instrument. These records should state the uncertainty of the calibration technique (in $\pm$ % deviation) in order that uncertainties of measurement can be aggregated and determined.

A procedure shall be implemented to resolve any situation where an instrument is found to be outside calibration limits.

3.2 Precision

The uncertainty budget of any measurement technique is made up of both systematic and random uncertainties. All estimates shall be based upon a single confidence level, the minimum being 95 %.

Systematic uncertainties are usually the predominant contributor, and will include all uncertainties not subject to random fluctuation. These include:

- calibration uncertainties;
- errors due to the use of an instrument under conditions which differ from those under which it was calibrated;
- errors in the graduation of a scale of an analogue meter (scale shape error).

Random uncertainties result from numerous sources but can be deduced from repeated measurement of a standard item. Therefore, it is not necessary to isolate the individual contributions. These may include:

- random fluctuations such as those due to the variation of an influence parameter. Typically, changes in atmospheric conditions reduce the repeatability of a measurement;
- uncertainty in discrimination, such as setting a pointer to a fiducial mark, or interpolating between graduations on an analogue scale.

Aggregation of uncertainties: Geometric addition (root-sum-square) of uncertainties may be used in most cases. Interpolation error is normally added separately and may be accepted as being 20 % of the difference between the finest graduations of the scale of the instrument.

$$U_t = \pm \sqrt{(U_s^2 + U_r^2)} + U_i$$

où

U_t est l'incertitude totale

U_s est l'incertitude systématique

U_r est l'incertitude aléatoire

U_i est l'erreur d'interpolation

Détermination des incertitudes aléatoires: L'incertitude aléatoire peut être déterminée par mesurage répété d'un paramètre et manipulation statistique ultérieure des données mesurées. La technique suppose que les données présentent une distribution normale (gaussienne).

$$U_r = \frac{t \times \sigma}{\sqrt{n}}$$

où

U_r est l'incertitude aléatoire

n est l'effectif de l'échantillon

t est le point pourcentage de la distribution «t» tiré du paragraphe 3.5 ou des tables statistiques

F est l'écart-type (σ_{n-1})

3.3 Résolution

Ce qui compte le plus est que l'équipement d'essai utilisé soit capable d'une résolution suffisante. Les systèmes de mesurage utilisés devraient être capables d'une résolution de 10 % (ou meilleure) de la tolérance sur la limite d'essai.

On peut accepter que certaines technologies puissent admettre une limitation physique sur la résolution (par exemple: résolution optique).

3.4 Rapport

En plus des exigences détaillées dans la spécification d'essai, le rapport doit fournir des détails sur:

- la méthode d'essai utilisée;
- l'identité du ou des échantillon(s);
- l'instrumentation d'essai;
- la ou les limite(s) spécifiée(s);
- l'estimation de l'incertitude de mesurage et la ou les limite(s) de fonctionnement résultant pour l'essai;
- les résultats d'essai détaillés;
- la date de l'essai et la signature des opérateurs.

3.5 Distribution «t» de Student

Le tableau 1 donne les valeurs du facteur «t» pour les niveaux de confiance de 95 % et 99 % en fonction du nombre de mesurages. Il est suffisant d'utiliser la limite de 95 % comme dans le cas des exemples réalisés, décrits dans l'annexe A.

$$U_t = \pm \sqrt{(U_s^2 + U_r^2)} + U_i$$

where

U_t is the total uncertainty

U_s is the systematic uncertainty

U_r is the random uncertainty

U_i is the interpolation error

Determination of random uncertainties: Random uncertainty can be determined by repeated measurement of a parameter, and subsequent statistical manipulation of the measured data. The technique assumes that the data exhibits a normal (Gaussian) distribution.

$$U_r = \frac{t \times \sigma}{\sqrt{n}}$$

where

U_r is random uncertainty

n is the sample size

t is the percentage point of the “ t ” distribution (from 3.5), statistical tables

σ is the standard deviation (σ_{n-1})

3.3 Resolution

It is paramount that the test equipment used is capable of sufficient resolution. Measurement systems used should be capable of resolving 10 % (or better) of the test limit tolerance.

It is accepted that some technologies will place a physical limitation upon resolution (e.g. optical resolution)

3.4 Report

In addition to requirements detailed in the test specification, the report shall detail:

- the test method used;
- the identity of the sample(s);
- the test instrumentation;
- the specified limit(s);
- an estimate of measurement uncertainty, and resultant working limit(s) for the test;
- the detailed test results;
- the test date, and operators' signature.

3.5 Student's “ t ” distribution

Table 1 gives values of the factor “ t ” for 95 % and 99 % confidence levels, as a function of the number of measurements. It is sufficient to use 95 % limits, as in the case of the worked examples shown in annex A.

Tableau 1 – Distribution «t» de Student

Effectif de l'échantillon	Valeur t 95 %	Valeur t 99 %	Effectif de l'échantillon	Valeur t 95 %	Valeur t 99 %
2	12,7	63,7	14	2,16	3,01
3	4,3	9,92	15	2,14	2,98
4	3,18	5,84	16	2,13	2,95
5	2,78	4,6	17	2,12	2,92
6	2,57	4,03	18	2,11	2,9
7	2,45	3,71	19	2,1	2,88
8	2,36	3,5	20	2,09	2,86
9	2,31	3,36	21	2,08	2,83
10	2,26	3,25	22	2,075	2,82
11	2,23	3,17	23	2,07	2,81
12	2,2	3,11	24	2,065	2,8
13	2,18	3,05	25	2,06	2,79

3.6 Limites d'incertitude suggérées

Les incertitudes cibles suivantes sont suggérées:

- a) Tension < 1 kV: $\pm 1,5 \%$
- b) Tension > 1 kV: $\pm 2,5 \%$
- c) Courant < 20 A: $\pm 1,5 \%$
- d) Courant > 20 A: $\pm 2,5 \%$

Résistance

- e) Terre et continuité: $\pm 10 \%$
- f) Isolement: $\pm 10 \%$
- g) Fréquence: $\pm 0,2 \%$

Temps

- h) Intervalle < 60 s: $\pm 1 \text{ s}$
- i) Intervalle > 60 s: $\pm 2 \%$
- j) Masse < 10 g: $\pm 0,5 \%$
- k) Masse de 10 g à 100 g: $\pm 1 \%$
- l) Masse > 100 g: $\pm 2 \%$
- m) Force: $\pm 2 \%$
- n) Dimension < 25 mm: $\pm 0,5 \%$
- o) Dimension > 25 mm: $\pm 0,1 \text{ mm}$
- p) Température < 100 °C: $\pm 1,5 \%$
- q) Température > 100 °C: $\pm 3,5 \%$
- r) Humidité de 30 à 75 % HR: $\pm 5 \%$ HR

Epaisseurs de la métallisation

- s) Méthode de rétrodiffusion: $\pm 10 \%$
- t) Microsection: $\pm 2 \mu\text{m}$
- u) Contamination ionique: $\pm 10 \%$

Table 1 – Student's "t" distribution

Sample size	t value 95 %	t value 99 %		Sample size	t value 95 %	t value 99 %
2	12,7	63,7		14	2,16	3,01
3	4,3	9,92		15	2,14	2,98
4	3,18	5,84		16	2,13	2,95
5	2,78	4,6		17	2,12	2,92
6	2,57	4,03		18	2,11	2,9
7	2,45	3,71		19	2,1	2,88
8	2,36	3,5		20	2,09	2,86
9	2,31	3,36		21	2,08	2,83
10	2,26	3,25		22	2,075	2,82
11	2,23	3,17		23	2,07	2,81
12	2,2	3,11		24	2,065	2,8
13	2,18	3,05		25	2,06	2,79

3.6 Suggested uncertainty limits

The following target uncertainties are suggested:

- a) Voltage < 1 kV: $\pm 1,5 \%$
- b) Voltage > 1 kV: $\pm 2,5 \%$
- c) Current < 20 A: $\pm 1,5 \%$
- d) Current > 20 A: $\pm 2,5 \%$

Resistance

- e) Earth and continuity: $\pm 10 \%$
- f) Insulation: $\pm 10 \%$
- g) Frequency: $\pm 0,2 \%$

Time

- h) Interval < 60 s: $\pm 1 \text{ s}$
- i) Interval > 60 s: $\pm 2 \%$
- j) Mass < 10 g: $\pm 0,5 \%$
- k) Mass 10 g to 100 g: $\pm 1 \%$
- l) Mass > 100 g: $\pm 2 \%$
- m) Force: $\pm 2 \%$
- n) Dimension < 25 mm: $\pm 0,5 \%$
- o) Dimension > 25 mm: $\pm 0,1 \text{ mm}$
- p) Temperature < 100 °C: $\pm 1,5 \%$
- q) Temperature > 100 °C: $\pm 3,5 \%$
- r) Humidity 30 to 75 % RH: $\pm 5 \%$ RH

Plating thicknesses

- s) Backscatter method: $\pm 10 \%$
- t) Microsection: $\pm 2 \mu\text{m}$
- u) Ionic contamination: $\pm 10 \%$

4 Recueil de méthodes d'essai approuvées

La présente norme donne des méthodes d'essai spécifiques largement détaillées pour permettre leur mise en oeuvre en renvoyant au minimum à d'autres procédures spécifiques. L'application de méthodes génériques de conditionnement par exposition recourt à des renvois aux méthodes des CEI 61189-1 ou CEI 60068 par exemple, qui deviennent partie obligatoire de la méthode normalisée d'essai lorsqu'elles sont applicables.

Chaque méthode possède son titre propre, son numéro et son état de révision afin de permettre la tenue à jour et l'amélioration des méthodes d'essai en fonction de l'évolution des exigences de l'industrie ou des demandes de méthodologies nouvelles. Les méthodes s'articulent en groupes et en essais individuels.

5 P: Méthodes d'essais de préparation ou de conditionnement

5.1 **Essai 2P01: Chaleur sèche** (à l'étude)

5.2 **Essai 2P02: Contrainte de flottaison sur bain de brasure** (à l'étude)

6 V: Méthodes d'essais visuels

7 D: Méthodes d'essais dimensionnels

7.1 **Essai 2D01: Epaisseur** (à l'étude)

4 Catalogue of approved test methods

This standard provides specific test methods in complete detail to permit implementation with minimal cross-referencing to other specific procedures. The use of generic conditioning exposures is accomplished in the methods by reference, for example IEC 61189-1 and IEC 60068, and when applicable, is a mandatory part of the test method standard.

Each method has its own title, number and revision status to accommodate updating and improving the methods as industry requirements change or demand new methodology. The methods are organized in test method groups and individual tests.

5 P: Preparation/conditioning test methods

5.1 **Test 2P01: Dry heat** (under consideration)

5.2 **Test 2P02: Solder float stress** (under consideration)

6 V: Visual test methods

7 D: Dimensional test methods

7.1 **Test 2D01: Thickness** (under consideration)

8 C: Méthodes d'essais chimiques

8.1 Essai 2C01: Résistance des matériaux de base à la soude caustique

8.1.1 Objet

Le but de cette méthode d'essai est de donner un procédé pour déterminer la résistance des matériaux de base aux alcalis par exposition à une solution de soude caustique.

8.1.2 Epreuves

- a) Les éprouvettes sont prélevées sur le panneau ou sur la planche, à au moins 25 mm des bords.
- b) Les éprouvettes sont préparées à partir d'un échantillon de matériau de base plaqué de métal dont le métal a été complètement enlevé par n'importe quelle méthode appropriée de pratique courante.
- c) La taille des éprouvettes est (50 ± 2) mm en longueur comme en largeur; elles doivent être coupées en utilisant une scie fine pour donner aux tranches une finition lisse.
- d) On utilise au moins trois éprouvettes.

8.1.3 Appareillage et matériaux nécessaires

Pour les essais, les appareillages et matériaux suivants doivent être utilisés:

- a) un récipient approprié résistant aux alcalis, contenant de la soude caustique, de qualité «pour analyses» en solution à $(3 \pm 0,2)$ % de concentration en masse, maintenue à une température de (40 ± 2) °C. Pour être sûr que la concentration reste dans la tolérance, il faut préparer la solution chaque jour et ne pas essayer plus de 50 éprouvettes par litre de solution;
- b) un dispositif pour tenir les éprouvettes verticalement dans le récipient. Sa conception doit permettre une exposition maximale de la surface de l'éprouvette à la solution;
- c) de la gaze, du tissu ou du papier propre et sec pour essuyer l'eau de la surface des éprouvettes;
- d) une scie à lame fine pour préparer l'échantillon.

8.1.4 Marche à suivre

Placer les éprouvettes dans le dispositif et le tout dans la solution de soude caustique durant $3 \text{ min} \pm 20 \text{ s}$.

Sortir le dispositif de la solution de soude et rincer les éprouvettes rapidement à l'eau courante durant au moins 5 min.

Sécher complètement les surfaces des éprouvettes avec de la gaze, un tissu ou un papier propre et sec.

Vérifier aussitôt visuellement s'il y a eu changement de couleur, gonflement, cloquage et/ou décollement interlaminaire.

8 C: Chemical test methods

8.1 *Test 2C01: Resistance to sodium hydroxide of base materials*

8.1.1 *Object*

The purpose of this test method is to provide a procedure for determining the alkaline resistance of base materials by exposure to a sodium hydroxide solution.

8.1.2 *Test specimens*

- a) Specimens shall be taken from the panel or sheet in such a way that they are at least 25 mm from the edge of the sheet.
- b) Specimens shall be prepared from a sample of metal-clad base material from which the metal has been completely removed by any appropriate method reflecting usual practice.
- c) Specimen size is (50 ± 2) mm in both length and width, and shall be cut out using a fine saw to give the edges a smooth finish.
- d) A minimum of three specimens shall be used.

8.1.3 *Test apparatus and materials*

The following test apparatus and materials shall be used:

- a) an appropriate alkaline-proof container which contains an analytical grade sodium hydroxide solution maintained at a temperature of $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$ at a concentration by weight of $(3 \pm 0,2) \%$. In order to ensure that the concentration remains within the tolerance, the solution must be prepared daily. The number of specimens tested per litre of solution shall not be more than 50;
- b) a rack to hold specimens upright in the container. The design of the rack shall allow maximum exposure of the specimen surfaces to the solution;
- c) a clean dry gauze, cloth or paper to wipe off the water from the specimen surfaces;
- d) a fine blade saw for the sample preparation.

8.1.4 *Procedure*

Place the specimens in the rack then in the sodium hydroxide solution for $3 \text{ min} \pm 20 \text{ s}$.

Take the rack out of the sodium hydroxide solution and quickly rinse the specimens under running water for a minimum of 5 min.

Wipe the water from the specimen surfaces completely with a clean dry gauze, cloth or paper.

Immediately make a visual check for colour change, swelling, blistering and/or delamination.

8.1.5 *Rapport*

Le rapport doit comporter:

- a) le numéro de l'essai et l'indice de révision;
- b) la date de l'essai;
- c) l'identification du matériau essayé;
- d) les changements d'aspect superficiels, s'il y a lieu;
- e) tout écart par rapport à la présente méthode d'essai.

8.1.6 *Informations complémentaires*

La soude caustique est un composé alcalin puissant. Elle doit être manipulée avec précaution en évitant tout contact avec les yeux ou la peau par le port de lunettes de protection et de gants chimiquement résistants.

8.1.5 *Report*

The report shall include:

- a) the test number and revision index;
- b) the testing date;
- c) the identification of the material tested;
- d) the changes in surface appearance, if any;
- e) any deviation from this test method.

8.1.6 *Additional information*

Sodium hydroxide is a powerful alkaline chemical. It shall be handled with care, avoiding eye and skin contact by wearing protective glasses and chemically resistant gloves.

8.2 Essai 2C02: Temps de gélification des matériaux préimprégnés à base époxyde

8.2.1 Objet

Le but de cette méthode d'essai est de donner les moyens de déterminer le temps de gélification d'une armature imprégnée d'une résine époxyde à l'état B, utilisée pour la fabrication de stratifié et de cartes imprimées.

8.2.2 Epreuves

Un certain nombre de pièces, d'environ 100 mm au carré ou d'une autre dimension convenable pour obtenir à peu près 1 g de résine sèche, sont découpées dans des zones uniformément réparties sur la largeur de la feuille ou du rouleau, en excluant la zone qui est à moins de 25 mm des bords ou de la lisière.

8.2.3 Appareillage et matériaux

Pour les essais, les appareillages et matériaux suivants doivent être utilisés:

- a) une plaque chauffante, capable de maintenir une température de $(170 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$;
- b) un chronomètre capable de déterminer le temps à ± 1 s;
- c) un bâtonnet de bois, à bout pointu, d'environ 3 mm de diamètre;
- d) une mesure de capacité pour 0,3 g à 0,4 g de poudre de résine;
- e) un tamis à 50 mailles par inch.

8.2.4 Marche à suivre

Détacher la résine sèche du préimprégné (à l'état B) par pliage ou écrasement. Enlever toute fibre de verre présente en passant alternativement au tamis, dans le cas des matériaux trop souples pour pouvoir en détacher la résine sèche par écrasement, la résine nécessaire peut être obtenue en pressant le tas plié de matériau en contact avec la plaque chauffante pour en exprimer la résine fondue.

Les quelques fibres de verre présentes doivent être éliminées par tamisage.

Régler la plaque chauffante ou le matériel équivalent à $170 ^\circ\text{C}$ et la stabiliser à cette température.

En utilisant la mesure de capacité, une quantité de 0,3 g à 0,4 g de poudre de résine peut être prise.

Verser la résine sèche pesée comme indiqué ci-dessus en forme de petit cône en un seul point de la plaque chauffante et faire partir immédiatement le chronomètre. Si l'on utilise la variante, le chronomètre doit être déclenché au moment où le tas plié entre en contact avec la plaque chauffante.

Remuer la résine à l'aide d'un bâtonnet de bois d'environ 3 mm de diamètre, tenu aussi verticalement que possible, en mélangeant le centre comme les bords de la résine fondue. Pendant l'agitation, le diamètre de l'ensemble de la résine fondante ne doit pas être supérieur à 25 mm.

A l'approche du point de gélification, la résine devient collante et forme des filaments lorsqu'on retire le bâtonnet; le point de gélification est atteint quand il n'y a plus formation de filaments lorsqu'on enlève le bâtonnet et que la résine n'est plus collante, mais encore élastique. A cet instant, le chronomètre est arrêté et le temps écoulé mesuré en secondes est pris comme temps de gélification. Si la méthode est utilisée comme méthode de référence, trois mesures séparées sont effectuées et leur moyenne est enregistrée comme temps de gélification.

8.2 *Test 2C02: Gel time of epoxy based prepreg materials*

8.2.1 *Object*

The purpose of this test method is to provide a means for determining the gel time of epoxide resin impregnated reinforcement cured to the B-stage used in the manufacturing of laminate and printed boards.

8.2.2 *Test specimens*

A number of pieces approximately 100 mm square or another convenient size, in order to yield approximately 1 g of dry resin, shall be cut from areas uniformly distributed across the width of the sheet or roll, but excluding the area within 25 mm of each edge or selvage.

8.2.3 *Test apparatus and material*

The following test apparatus and materials shall be used:

- a) heating plate capable of maintaining a temperature of $(170 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$;
- b) timer, capable of determining time within ± 1 s;
- c) wooden stick, pointed, approximately 3 mm in diameter;
- d) a measure of capacity for 0,3 g to 0,4 g resin powder;
- e) sieve, 50 mesh per inch.

8.2.4 *Procedure*

Detach the dry resin from the prepreg (B-stage) by folding or crushing. Remove any glass fibre present by sieving alternatively, in the case of materials too soft to detach dry resin by crushing, the resin required may be obtained by pressing the folded stack of material in contact with the heating plate and squeezing out the melted resin.

Remove any glass fibre present by sieving.

Adjust the heating plate or equivalent to $170 ^\circ\text{C}$ and allow to stabilize at that temperature.

Using the measure of capacity a quantity of 0,3 g to 0,4 g resin powder shall be taken.

Pour the measured dry resin in the form of a small cone on one spot of the heating plate and start the timer immediately. If the alternative method given above is used, the timer shall be started at that moment when the folded stack is brought in contact with the heating plate.

Stir the resin, using a wooden stick approximately 3 mm in diameter, holding the stick as near vertical as possible and mixing the centre as well as the edges of the melted resin. While stirring, the diameter of the pool of melting resin shall not exceed 25 mm.

At the approach of the gel point the resin becomes tacky and forms strings when pulling the stick out. The gel point is reached when it no longer forms strings when pulling the stick out, and is no longer tacky but still elastic. At this point, the timer is stopped and the elapsed time measured in seconds is taken as the gel time. When used as a reference, three separate measurements shall be carried out and the average recorded as gel time.

8.2.5 *Rapport*

Le rapport doit comporter:

- a) le numéro de l'essai et l'indice de révision;
- b) la date de l'essai;
- c) l'identification du matériau essayé;
- d) le temps de gélification en secondes (en moyenne);
- e) tout écart par rapport à la présente méthode d'essai.

8.2.6 *Informations complémentaires*

La détermination du temps de gélification peut être aussi réalisée avec un échantillon de résine contenu dans un viscomètre rotatif; dans ce cas, des informations supplémentaires sur les caractéristiques d'écoulement de la résine peuvent être obtenues. Si cette méthode est employée, la valeur de la viscosité correspondant au point de gélification doit être définie par corrélation avec l'essai décrit ci-dessus.

8.2.5 *Report*

The report shall include:

- a) the test method number and revision index;
- b) the testing date;
- c) the identification of the material tested;
- d) the gel time in seconds (average);
- e) any deviation from this test method.

8.2.6 *Additional information*

The determination of gel time may also be carried out using a sample of the resin contained in a rotational viscometer, in which case more information about the flow characteristics of the resin may be obtained. If this method is used, the viscosity value corresponding to the gel point shall be defined by determination of the correlation with the test described above.

8.3 *Essai 2C03: Teneur en résine des matériaux préimprégnés par rapport au poids du produit traité*

8.3.1 *Objet*

Le but de cette méthode d'essai est de donner les moyens de mesurer la teneur en résine d'une armature imprégnée de résine à l'état B seulement si le poids de l'armature brute est connu. Cette méthode est applicable aux armatures organiques et non-organiques.

8.3.2 *Eprouvettes*

- a) Les éprouvettes sont prélevées sur le rouleau ou sur la feuille à au moins 25 mm des bords.
- b) Quatre éprouvettes de $(100 \pm 0,2)$ mm $\times$ $(100 \pm 0,2)$ mm sont découpées à des distances égales sur la largeur du rouleau ou dans différentes zones du matériau en feuille.

8.3.3 *Appareillage et matériaux nécessaires pour les essais*

Pour les essais, les appareillages et matériaux suivants doivent être utilisés:

- a) une balance pour analyse avec une résolution au moins égale à 0,001 g;
- b) un dessiccateur (chambre de stabilisation) capable de maintenir 25 % d'humidité relative (HR) ou moins à la température ambiante.

8.3.4 *Marche à suivre*

8.3.4.1 *Détermination du poids de l'armature*

Le poids de 1 dm² d'armature peut être déterminé par l'une des deux méthodes ci-dessous:

8.3.4.1.1 *Méthode 1*

Déterminer le poids de l'armature à partir des longueur, largeur et poids réels du rouleau de matériau de l'armature:

$$W_B = 10 \times \frac{W_R}{L \times D} \quad (1)$$

où

W_B est le poids de 1 dm² d'armature (g)

W_R est le poids du rouleau (kg)

L est la longueur du rouleau (m)

D est la largeur du rouleau (m)

8.3.4.1.2 *Méthode 2*

Déterminer le poids à partir du poids de l'armature connu par une médiane statistique ou par une valeur typique en grammes par mètre:

$$W_B = 0,01 W \quad (2)$$

où

W_B est le poids de 1 dm² d'armature (g)

W est le poids de 1 m² (g)

8.3 Test 2C03: Resin content of prepreg materials by treated weight

8.3.1 Object

The purpose of this test method is to provide a means for measuring the resin content of resin impregnated reinforcement cured to the B-stage, only if the weight of uncoated reinforcement is known. This method is applicable to both organic and inorganic reinforcements.

8.3.2 Test specimens

- a) Specimens shall be taken from the roll or sheet in such a way that they are at least 25 mm from the edge.
- b) Four specimens $(100 \pm 0,2) \text{ mm} \times (100 \pm 0,2) \text{ mm}$ shall be taken at equal spacing across the web for rolls or from different areas of sheeted material.

8.3.3 Test apparatus and materials

The following test apparatus and materials shall be used:

- a) analytical balance with a 0,001 g or better resolution;
- b) desiccator (stabilization chamber) capable of maintaining 25 % relative humidity (RH) or less at room temperature.

8.3.4 Procedure

8.3.4.1 Determination of weight of reinforcement

The weight of 1 dm^2 reinforcement may be determined by one of the two methods described below:

8.3.4.1.1 Method 1

Determine the weight of the reinforcement from the actual length, width and weight of roll of reinforcement material:

$$W_B = 10 \times \frac{W_R}{L \times D} \quad (1)$$

where

W_B is the weight of 1 dm^2 reinforcement (g)

W_R is the roll weight (kg)

L is the roll length (m)

D is the roll width (m)

8.3.4.1.2 Method 2

Determine the weight from median statistical or typical reinforcement weight in grams per metre:

$$W_B = 0,01 W \quad (2)$$

where

W_B is the weight of 1 dm^2 reinforcement (g)

W is the weight of 1 m^2 (g)

8.3.4.2 Détermination du poids total du préimprégné

Déterminer le poids réel de l'armature au début du rouleau, en utilisant la même technique de mesurage décrite dans cette méthode.

Toutes les méthodes décrites ci-dessus considèrent les traitements de finition de l'armature comme faisant partie de l'armature.

L'éprouvette est placée dans un dessiccateur, sauf si le matériau préimprégné est essayé dans les 10 min de la production pour prévenir l'absorption d'humidité.

Déterminer et noter le poids total du produit traité à 0,001 g près pour les quatre éprouvettes.

8.3.4.3 Teneur en résine

La teneur en résine doit être calculée comme suit:

$$C_R = \left(1 - \frac{W_B}{W_T} \right) \times 100 \quad (3)$$

où

C_R est la teneur en résine (%)

W_B est le poids de l'armature (g/dm^2)

W_T est le poids du préimprégné traité (g/dm^2)

8.3.5 Rapport

Le rapport doit comporter:

- le numéro de l'essai et l'indice de révision;
- la date de l'essai;
- l'identification du matériau essayé;
- le poids, à 0,001 g près, de l'éprouvette traitée et la teneur en résine à 0,1 % près;
- tout écart par rapport à la présente méthode d'essai.

8.3.6 Informations complémentaires

Lorsque cette méthode est utilisée, le contenu volatile du préimprégné (y compris l'humidité) est considéré comme faisant partie du poids du produit traité. Si l'on désire exclure les produits volatils, il convient d'étuver l'éprouvette pendant un temps et à une température appropriés.

La précision de cette méthode d'essai pour la détermination de la teneur en résine dépend principalement de la précision du poids de base de l'armature.

L'effet des charges statiques peut représenter un sérieux problème lorsqu'on pèse le matériau qui été stocké si l'éprouvette est plus grande que le plateau d'échantillon de la balance pour analyse.

Pour contrôler les variations le long de la largeur du rouleau, il faut prélever quatre éprouvettes dans le rouleau aux points choisis pour l'essai.

Dans la plupart des cas, la quantité de matériau organique dans l'armature est négligeable; cependant, une attention particulière doit être prêtée aux matériaux comme les armatures contenant des revêtements de finition avec des quantités substantielles de produits organiques (5 % ou plus) et aux armatures organiques qui peuvent avoir une teneur en humidité importante.

L'essai de contenu de résine par sublimation, Essai 2C10, est un mesurage plus exact du contenu de résine et doit être utilisé comme référence.

8.3.4.2 Determination of total weight of prepreg

Determine actual reinforcement weight at the beginning of the roll, using the same measurement technique as described in this method.

All the above methods consider any finishes applied to the reinforcement as part of the reinforcement.

The specimen shall be dessicated unless the prepreg material is tested within 10 min of manufacture to prevent the absorption of moisture.

Determine and record the total weight of the four specimens to the nearest 0,001 g.

8.3.4.3 Resin content

The resin content shall be calculated as follows:

$$C_R = \left(1 - \frac{W_B}{W_T} \right) \times 100 \quad (3)$$

where

C_R is the resin content (%)

W_B is the weight of the reinforcement (g/dm²)

W_T is the weight of the treated prepreg (g/dm²)

8.3.5 Report

The report shall include:

- a) the test method number and revision index;
- b) the testing date;
- c) the identification of the material tested;
- d) the weight of the treated specimen to the nearest 0,001 g and the resin content to the nearest 0,1 %;
- e) any deviation from this test method.

8.3.6 Additional information

The volatile content of the prepreg (excluding moisture) is considered as part of the treated product using this method. If it is desired to exclude volatile content the specimen should be baked at an appropriate time and temperature.

The accuracy of this test method for determination of resin content is dependent primarily upon the accuracy of the basic weight of the reinforcement.

The effect of static charges may present a serious problem in weighing material which has been stored if the specimen is larger than the sample pan of the analytical balance.

If it is desired to check variation across the width of the roll, four specimens may be cut down the roll at each location to be tested.

In most cases, the amount of organic material from the reinforcement is negligible; however, special attention should be paid to materials such as reinforcement containing finishes, which have a substantial amount of organic content (5 % or more), and for organic reinforcements which may have significant moisture content.

The resin content test by sublimation, Test 2C10, is a more accurate measurement of resin content and shall be used for reference purposes.

8.4 Essai 2C04: Teneur des matériaux préimprégnés en produits volatils

8.4.1 Objet

Le but de cette méthode d'essai est de donner le moyen de mesurer la teneur d'une armature imprégnée de résine à l'état B en produits volatils, lors de la fabrication du stratifié et des cartes imprimées multicouches.

8.4.2 Epreuves

Trois éprouvettes de $(100 \pm 0,2)$ mm $\times$ $(100 \pm 0,2)$ mm sont découpées sur une ligne perpendiculaire à la chaîne de l'armature, les diagonales des éprouvettes étant parallèles aux sens trame et chaîne (coupe en biais), et pas à moins de 25 mm des bords de la feuille ou du rouleau de préimprégné (**figure 1**). Un trou d'environ 3 mm de diamètre est poinçonné dans l'angle de chaque éprouvette.

8.4.3 Appareillage et matériaux

Pour les essais, les appareillages et matériaux suivants doivent être utilisés:

- a) une balance pour analyse à 0,001 g de résolution ou mieux;
- b) une étuve à circulation d'air capable de monter à une température de 250 °C et contrôlée à ± 3 °C;
- c) un dessiccateur (chambre de stabilisation) capable de maintenir 25 % HR ou moins à la température ambiante;
- d) des crochets métalliques appropriés pour pendre les éprouvettes.

8.4.4 Marche à suivre

Peser chaque éprouvette avec un crochet métallique à 0,001 g près et noter cette valeur comme M_1 .

A l'aide du crochet métallique, pendre chaque éprouvette dans l'étuve à circulation d'air maintenue à (163 ± 3) °C pendant (15 ± 1) min, excepté pour les préimprégnés de polyimide non modifié. Pour ces derniers, les conditions de séchage dans l'étuve sont de (225 ± 3) °C pendant (15 ± 1) minutes.

Retirer de l'étuve chaque éprouvette avec son crochet, une par une, et la mettre à refroidir à la température ambiante dans un dessiccateur. Peser à nouveau l'éprouvette avec le crochet métallique dans les 2 min après enlèvement du dessiccateur à 0,001 g près et noter cette valeur comme M_2 .

La teneur en produits volatils de chaque éprouvette est calculée comme suit:

$$C_V = \frac{(M_1 - M_2)}{M_1} \times 100$$

où

C_V est la teneur en produits volatils (%)

M_1 est le poids avant le conditionnement en étuve (g/100 cm²)

M_2 est le poids après le conditionnement en étuve (g/100 cm²)

8.4 Test 2C04: Volatile content of prepreg materials

8.4.1 Object

The purpose of this test method is to provide a means for measuring the volatile content of resin impregnated B-stage reinforcement in the manufacturing of laminate and multilayer printed boards.

8.4.2 Test specimens

Three specimens $(100 \pm 0,2)$ mm $\times$ $(100 \pm 0,2)$ mm shall be cut from positions along a line perpendicular to the machine direction of reinforcement, with the diagonals of the specimens parallel to the machine (warp) and cross-machine directions (weft), and no closer than 25 mm from the edge of the prepreg sheet or roll (**figure 1**). A hole approximately 3 mm in diameter shall be punched in the corner of each specimen.

8.4.3 Test apparatus and materials

The following test apparatus and materials shall be used:

- analytical balance with a 0,001 g or better resolution;
- an air circulating oven capable of achieving a temperature of up to 250 °C and controllable within ± 3 °C;
- a desiccator (stabilization chamber) capable of maintaining 25 % RH or less at room temperature;
- appropriate hanging metal hooks to hang specimens.

8.4.4 Procedure

Weigh each specimen including a hanging metal hook to the nearest 0,001 g and record as M_1 .

Hang each specimen with the metal hook in the circulating air oven at (163 ± 3) °C for (15 ± 1) min except for unmodified polyimide prepreg. For unmodified polyimide prepreg, the drying condition in the oven shall be at (225 ± 3) °C for (15 ± 1) min.

Remove each specimen with hook from the chamber, one at a time, and cool to room temperature in a desiccator. Reweigh the specimen including the hanging metal hook within 2 min after removal from the desiccator to the nearest 0,001 g and record as M_2 .

The volatile content of each specimen shall be calculated as follows:

$$C_V = \frac{(M_1 - M_2)}{M_1} \times 100$$

where

C_V is the volatile content (%)

M_1 is the weight before oven conditioning (g/100 cm²)

M_2 is the weight after oven conditioning (g/100 cm²)

8.4.5 *Rapport*

Le rapport doit comporter:

- a) le numéro de l'essai et l'indice de révision;
- b) la date de l'essai;
- c) l'identification du matériau essayé;
- d) la moyenne des trois valeurs de teneur en produits volatils en pour cent (%);
- e) la température dans l'étuve à circulation d'air;
- f) tout écart par rapport à la présente méthode d'essai.

8.4.6 *Informations complémentaires*

La température du four à 163 °C pour époxyde et la température du four à 225 °C pour polyimide non modifiée sont uniquement valables pour ces systèmes de résine. Pour les autres systèmes de résine, la température doit être déterminée par accord entre l'acheteur et le fournisseur.

8.4.5 *Report*

The report shall include:

- a) the test number and revision index;
- b) the testing date;
- c) the identification of the material tested;
- d) the average of the three volatile content values in per cent (%);
- e) the temperature of the circulating air oven;
- f) any deviation from this test method.

8.4.6 *Additional information*

The 163 °C oven temperature for epoxide and 225 °C oven temperature for unmodified polyimide are for these resin systems only. For other resin systems, the temperature shall be determined upon agreement between the purchaser and supplier.

8.5 Essai 2C05: Cloquage au cours du choc thermique

8.5.1 Objet

Déterminer la capacité d'un stratifié plaqué de métal à supporter des chocs thermiques spécifiés, des simulations de soudage, sans cloquage.

8.5.2 Epreuves

- a) Les éprouvettes sont prélevées sur le panneau ou la planche, à au moins 25 mm des bords.
- b) L'éprouvette est un carré de (50 ± 5) mm de côté, coupé dans un échantillon du matériau de base plaqué de métal, et n'est pas gravée. Pour un matériau de base plaqué de métal sur les deux faces, chaque face est essayée séparément avec des éprouvettes différentes. Pour chaque face du stratifié essayé, on utilise trois éprouvettes.

8.5.3 Appareillage et matériaux

Un bain respectant une des exigences suivantes:

- a) un bain liquide, de silicone bien remué ou d'un fluide équivalent maintenu à (260^{+5}_0) °C pendant tout l'essai. La température est mesurée à $(25 \pm 2,5)$ mm en dessous de la surface;
- b) un bain de sable fluidisé d'un type adéquat (**figure 2**), maintenu à une température de (260^{+5}_0) °C. On mesure la température, approximativement à l'endroit où doit être placée l'éprouvette;
- c) un bain de soudure approprié d'une profondeur supérieure ou égale à 40 mm. Si ce bain est de forme circulaire, son diamètre ne doit pas être inférieur à 120 mm et, s'il est de forme rectangulaire, ses dimensions ne doivent pas être inférieures à 100 mm × 75 mm. Le bain doit être protégé des courants d'air. La température de la soudure est maintenue à (260^{+5}_0) °C pendant tout l'essai. Elle est mesurée à la profondeur de $(25 \pm 2,5)$ mm en dessous de la surface. Le bain doit contenir un alliage de brasure de composition nominale en étain-plomb de 60/40 ou 63/37. Les caractéristiques de l'alliage de brasure doivent être comme suit:
 - complètement solide à 183 °C;
 - complètement liquide à 188 °C.

8.5.4 Marche à suivre

8.5.4.1 Méthode du bain liquide

L'éprouvette est maintenue en position horizontale, à une profondeur de $(25 \pm 2,5)$ mm, dans un montage de capacité thermique suffisamment faible pour éviter que la température du fluide ne descende au-dessous de 260 °C. L'éprouvette doit être immergée totalement dans le fluide pendant le temps prescrit dans la spécification applicable et, aussitôt après sa sortie du bain, elle est contrôlée visuellement pour vérifier si le matériau de base présente des cloquages ou des décollements interlaminaires.

8.5.4.2 Méthode du bain de sable fluidisé

L'éprouvette est immergée par la tranche, c'est-à-dire que sa surface forme un angle droit avec la surface du bain, pendant le temps prescrit dans la spécification applicable et aussitôt après sa sortie du bain, elle est contrôlée visuellement pour vérifier si le matériau de base présente des cloquages ou des décollements interlaminaires.

8.5 Test 2C05: Blistering during heat shock

8.5.1 Object

To determine the ability of the copper-clad laminate to withstand specified heat shocks, simulating soldering processes, without blistering.

8.5.2 Test specimens

- a) Specimens shall be taken from the panel or sheet in such a way that they are at least 25 mm from the edge.
- b) The test specimen shall be a square of (50 ± 5) mm cut from a sample of the copper-clad base material and shall be unetched. For double-sided metal-clad base material, each face shall be tested separately with separate test specimens. For each side of the laminate tested, three specimens shall be used.

8.5.3 Test apparatus and materials

A bath meeting one of the following requirements:

- a) a liquid bath of well-stirred silicone liquid or equivalent fluid kept throughout the test at $(260^{+5}_0)^{\circ}\text{C}$. The temperature shall be measured at $(25 \pm 2,5)$ mm below the surface;
- b) a fluidized sand bath (**figure 2**) of suitable design kept at a temperature of $(260^{+5}_0)^{\circ}\text{C}$, measured in approximately the same location that will be occupied by the specimen;
- c) a suitable solder bath of depth not less than 40 mm shall be used. If circular, the bath shall be not less than 120 mm in diameter, and if rectangular, not smaller than 100 mm × 75 mm. The bath shall be protected from draughts. The temperature of the solder shall be kept at $(260^{+5}_0)^{\circ}\text{C}$ throughout the test. The temperature shall be measured at a depth of $(25 \pm 2,5)$ mm below the surface. The bath shall contain solder of nominal 60/40 or 63/37 tin-lead composition. The characteristics of the solder shall be as follows:
 - completely solid 183°C ;
 - completely liquid 188°C .

8.5.4 Procedure

8.5.4.1 Liquid bath procedure

The specimen shall be held in a horizontal position, at a depth of $(25 \pm 2,5)$ mm in a holder of heat capacity low enough to avoid the temperature of the fluid falling below 260°C . The specimen shall be totally immersed in the fluid for the time given in the relevant specification and, immediately after removal, shall be inspected visually for blistering and delamination of the base material.

8.5.4.2 Fluidized sand bath procedure

The specimen shall be immersed edgewise, that is with its surface at a right angle to the bath surface, for the time given in the relevant specification and, immediately after removal, shall be inspected for blistering and for delamination of the base material.

8.5.4.3 *Méthode du bain de soudure*

L'éprouvette doit flotter sur la surface de la soudure nettoyée en fusion avec la face revêtue de métal de l'éprouvette en bas pendant le temps prescrit dans la spécification applicable et, aussitôt après sa sortie du bain, elle est contrôlée visuellement pour vérifier si le matériau de base présente des cloquages ou des décollements interlaminaires.

La procédure du bain de soudure doit servir de méthode.

8.5.5 *Rapport*

Le rapport doit comporter:

- a) le numéro de l'essai et l'indice de révision;
- b) la date de l'essai;
- c) l'identification du matériau essayé;
- d) la méthode de choc thermique utilisée;
- e) la durée de l'exposition de l'éprouvette au choc thermique;
- f) si les éprouvettes présentent des cloquages ou des décollements interlaminaires; une zone de 5 mm tout autour de l'éprouvette, au bord, est exclue de cette exigence;
- g) tout écart par rapport à la présente méthode d'essai.

8.5.6 *Informations complémentaires*

Précaution de sécurité: éviter le contact de la peau avec la soudure en fusion.

Le nettoyage de la surface de la soudure en fusion peut aisément être fait avec un morceau de stratifié nu.

8.5.4.3 Solder bath procedure

The specimen shall be floated on the surface of the clean molten solder with the metal-clad face of the specimen down for the time given in the relevant specification and, immediately after removal, shall be inspected for blistering and for delamination of the base material. The solder bath procedure shall be the method.

8.5.5 Report

The report shall include:

- a) the test number and revision index;
- b) the test date;
- c) the identification of the material tested;
- d) the heat shock method used;
- e) the time during which the specimen was exposed to the heat shock;
- f) whether the specimens have blistered or delaminated; a border of 5 mm around the edge of the specimen is excluded from the requirement;
- g) any deviation from this test method.

8.5.6 Additional information

Safety precautions: avoid skin contact with molten solder.

Cleaning of the surface of the molten solder can easily be done using a strip of unclad laminate.

- 8.6 **Essai 2C06: Inflammabilité verticale** (à l'étude)
- 8.7 **Essai 2C07: Inflammabilité horizontale** (à l'étude)
- 8.8 **Essai 2C08: Inflammabilité, matériau isolant flexible** (à l'étude)
- 8.9 **Essai 2C09: Viscosité de fusion des matériaux** (à l'étude)
- 8.10 **Essai 2C10: Contenu en résine des matériaux préimprégnés par sublimation** (à l'étude)

9 M: Méthodes d'essais mécaniques

- 9.1 **Essai 2M01: Courbure/vrillage** (à l'étude)
- 9.2 **Essai 2M02: Courbure/vrillage après traitement thermique** (à l'étude)
- 9.3 **Essai 2M03: Facteur de traitement des matériaux de base par DSC/TMA** (à l'étude)
- 9.4 **Essai 2M04: Vrillage après traitement thermique** (à l'étude)

- 8.6 **Test 2C06: Flammability, vertical** (under consideration)
- 8.7 **Test 2C07: Flammability, horizontal** (under consideration)
- 8.8 **Test 2C08: Flammability, flex material** (under consideration)
- 8.9 **Test 2C09: Melting viscosity of prepregnation materials** (under consideration)
- 8.10 **Test 2C10: Resin content of prepregnation by sublimation** (under consideration)

9 M: Mechanical test methods

- 9.1 **Test 2M01: Bow/twist** (under consideration)
- 9.2 **Test 2M02: Bow/twist after etching and heating** (under consideration)
- 9.3 **Test 2M03: Cure factor of base materials by DSC/TMA** (under consideration)
- 9.4 **Test 2M04: Twist after heating** (under consideration)

9.5 *Essai 2M05: Force d'arrachement*

9.5.1 *Objet*

Déterminer la force, perpendiculaire à l'éprouvette, nécessaire pour séparer une pastille du matériau de base après une opération de brasage au fer spécifiée. L'essai est pratiqué sur une éprouvette telle que fabriquée et sans conditionnement. L'essai n'est pas applicable sur une largeur de 25 mm au bord tout autour de la planche de stratifié telle que fabriquée et livrée par le fournisseur.

9.5.2 *Eprouvettes*

Les éprouvettes sont découpées dans le panneau à au moins 25 mm du bord du stratifié.

Les éprouvettes peuvent être d'une dimension convenable quelconque et sont gravées selon un procédé approprié de pratique usuelle avec une impression d'essai constituée d'un certain nombre de pastilles de diamètre $(4 \pm 0,1)$ mm. Pour bien centrer le perçage, il est commode de prévoir au centre de chaque pastille un trou gravé de 0,6 mm de diamètre environ.

On perce un trou de $(1,3 \pm 0,1)$ mm de diamètre au centre de chaque pastille.

On fait l'essai sur 10 pastilles au moins. Pour un stratifié plaqué de métal double face, on fait l'essai sur cinq pastilles au moins de chaque côté.

Les éprouvettes d'épaisseur inférieure à 0,8 mm sont rigidifiées par un procédé adéquat, par exemple en collant l'échantillon sur un matériau rigide.

9.5.3 *Appareillage et matériaux nécessaires pour les essais*

Pour les essais, les appareillages et matériaux suivants doivent être utilisés:

- a) un fer à souder à température contrôlée avec une panne en cuivre d'environ 30 mm de long et 5 mm de diamètre, son extrémité formant un angle de $45^\circ \pm 10^\circ$. La température de la panne est de $(270 \pm 10)^\circ\text{C}$ pendant toute la durée de l'essai;
- b) l'alliage de brasage utilisé est un fil d'étain-plomb de 60/40 ou 63/37, de diamètre inférieur ou égal à 1,5 mm, et avec une âme de flux résineux;
- c) un fil de cuivre à simple brin de diamètre compris entre 0,9 et 1,0 mm;
- d) un dispositif empêchant le fil de bouger durant le brasage et le refroidissement qui suit;
- e) un support adéquat en forme de plaque rigide avec un trou central de 6 mm de diamètre;
- f) une machine d'essai de traction.

9.5.4 *Marche à suivre*

La pastille est régulièrement étamée durant (4 ± 1) s avec le fer à souder et un minimum d'alliage de brasure.

Un morceau de fil de cuivre à un seul brin, préalablement étamé avec l'alliage de brasure, est passé dans le trou au centre de la pastille, perpendiculairement au stratifié, et brasé dans cette position en (4 ± 1) s de façon à avoir un filet continu d'alliage liant le fil et la pastille. L'apport de chaleur pour cette opération est fait uniquement sur le fil. Le fil ne doit surtout pas être bougé pendant l'opération et le refroidissement ultérieur et, pour éviter tout déplacement, le fil et l'éprouvette peuvent être maintenus dans un montage.

Les éprouvettes sont refroidies pendant 10 min au moins avant l'essai.

9.5 *Test 2M05: Pull-off strength*

9.5.1 *Object*

To determine the force, normal to the specimen, required to separate a land from the base material after a specified hand soldering operation. The test is performed on the specimen as manufactured and without conditioning. The test is not applicable to the outer 25 mm of the laminated sheet as manufactured and provided by the supplier.

9.5.2 *Test specimens*

Specimens shall be removed from the panel in such a way that they are at least 25 mm from the edge of the laminate.

Specimens may be of any convenient size and shall be printed by any appropriate method in usual practice with a test pattern consisting of a number of lands of diameter $(4 \pm 0,1)$ mm. It is convenient for each land to have a central etched hole of a diameter of about 0,6 mm for locating the drill.

A hole of diameter $(1,3 \pm 0,1)$ mm shall be drilled through the centre of each land.

A minimum of at least 10 lands shall be tested. For a double-sided metal-clad laminate, at least five lands on each side shall be tested.

Specimens with a thickness less than 0,8 mm shall be built up to sufficient rigidity by a suitable technique for example by sticking the sample to a rigid material.

9.5.3 *Test apparatus and materials*

The following test apparatus and test material shall be used:

- a) a temperature controlled soldering iron with a copper bit about 30 mm long and 5 mm in diameter, with its end forming an angle of $45^\circ \pm 10^\circ$. The temperature of the bit shall be $(270 \pm 10)^\circ\text{C}$ throughout the test;
- b) the solder to be used shall be a 60/40, or 63/37 tin-lead wire with a diameter not greater than 1,5 mm and a rosin core flux core;
- c) single-strand copper wire of diameter 0,9 to 1,0 mm;
- d) a jig to prevent the wire moving during soldering and subsequent cooling;
- e) a suitable support in the form of a rigid plate with a central hole of 6 mm diameter;
- f) a tensile testing machine.

9.5.4 *Procedure*

The land shall be evenly tinned for (4 ± 1) s with the soldering tool and a minimum amount of solder.

A piece of single strand copper wire, previously tinned with the solder, shall be passed at a right angle through the hole in the centre of the land and soldered into position for (4 ± 1) s so that a continuous fillet is formed between the wire and the land. For soldering the heat supply shall be made to the wire only. The wire shall not be moved during the soldering and subsequent cooling, and to ensure that it is not, the wire and specimen may be held in a jig.

The specimens shall be allowed to cool to room temperature for at least 10 min before testing.

Au moyen d'une machine d'essai de traction et du support décrit en 8.5.3e, une force est appliquée par traction du fil perpendiculairement à l'éprouvette, à une vitesse de déplacement de (50 ± 2) mm/min, jusqu'à ce que la pastille se détache du matériau de base ou que le fil se casse. On note en newtons la force nécessaire pour arracher la pastille ou casser le fil.

L'essai n'est pas valable si le fil se casse avant que la force minimale spécifiée ne soit atteinte ou si le fil s'arrache de la soudure; en aucun cas, on ne réutilise le même fil et la même pastille pour une nouvelle opération et un nouvel essai. L'essai est répété jusqu'à ce que l'on ait obtenu 10 mesures valables.

La force minimale requise pour détacher chacune des 10 pastilles du matériau de base est notée comme la force d'arrachement du matériau essayé. Chaque face du stratifié fait l'objet d'essais et de rapports séparés.

9.5.5 *Rapport*

Le rapport doit comporter:

- a) le numéro de l'essai et l'indice de révision;
- b) la date de l'essai;
- c) l'identification du matériau essayé;
- d) la force d'arrachement mesurée pour chaque face du stratifié;
- e) tout écart par rapport à la présente méthode d'essai.

9.5.6 *Informations complémentaires*

Aucune

By means of a tensile testing machine and support described in 8.5.3e, a force shall be applied in tension, by pulling the wire at right angles to the test specimen at a crosshead speed of (50 ± 2) mm/min until the land separates from the base material or the wire breaks. The force in newtons required to detach the land, or to break the wire, shall be noted.

A test shall be invalidated by the breaking of a wire before the specified minimum force is reached, or by wire pull-out, and in no case shall the same wire and the same land be resoldered and pulled again. The test shall be repeated until 10 valid measurements have been made.

The minimum force required to detach any of the 10 lands from the base material shall be reported as the pull-off strength of the sample under test. Each side of the laminate shall be reported separately.

9.5.5 *Report*

The report shall include:

- a) the test number and revision index;
- b) the testing date;
- c) the identification of the material tested;
- d) the measured pull-off strength for each side of the laminate;
- e) any deviation from this test method.

9.5.6 *Additional information*

None

9.6 Essai 2M06: Force d'adhérence après exposition aux vapeurs de solvant

9.6.1 Objet

Déterminer la résistance à l'arrachement dans des conditions spécifiées et après exposition à des vapeurs de solvants. Cet essai est pratiqué sur des éprouvettes telles que fabriquées et sans conditionnement. Cet essai ne s'applique pas aux 25 mm en bordure d'une planche de stratifié telle que fabriquée et livrée par le fournisseur.

9.6.2 Eprouvettes

- Les éprouvettes sont prélevées sur le panneau ou sur la planche à au moins 25 mm des bords.
- L'éprouvette est préparée à partir d'un échantillon de matériau de base plaqué cuivre à essayer et, avant gravure, son épaisseur est normalement celle du matériau. Cependant, dans le cas de matériaux recouverts d'une feuille de cuivre de masse nominale inférieure à 305 g/m^2 , l'épaisseur de la feuille peut être augmentée jusqu'à avoir au plus une masse nominale de 335 g/m^2 , par n'importe quel procédé permettant de déposer du cuivre ductile. Les éprouvettes doivent avoir $(50 \pm 1) \text{ mm}$ de large et au moins 75 mm de long et l'impression conductrice est réalisée par n'importe quelle méthode appropriée de pratique courante selon l'impression d'essai de la **figure 8**.
- Le nombre d'éprouvettes utilisées pour un essai doit être suffisant pour obtenir l'arrachement d'au moins 25 mm de chacune des quatre bandes de cuivre.
- Les éprouvettes d'épaisseur inférieure à $0,8 \text{ mm}$ doivent être amenées à une rigidité suffisante par une technique appropriée, par exemple en faisant adhérer l'échantillon sur un matériau rigide.

9.6.3 Appareillage et matériaux

Pour les essais, les appareillages et matériaux suivants doivent être utilisés:

- une machine d'essai de traction permettant une vitesse de pelage de $(50 \pm 5) \text{ mm/min}$;
- une pince pour serrer l'extrémité détachée de la feuille sur toute sa largeur;
- un solvant à choisir par accord entre acheteur et fournisseur.

9.6.4 Marche à suivre

L'éprouvette est suspendue pendant $(120 \pm 5) \text{ s}$ dans la vapeur du solvant choisi, bouillant à la pression atmosphérique. Les échantillons sont enlevés de la vapeur de solvant et placés dans les conditions normales de laboratoire de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ et $(45 \pm 5) \%$ d'humidité relative. Immédiatement après la sortie du solvant, et à nouveau après 24 h, l'éprouvette est examinée pour rechercher s'il y a eu cloquage ou décollement interlaminaire. S'il ne s'est produit ni cloquage, ni décollement interlaminaire, elle est utilisée pour la mesure de la force d'adhérence après exposition aux vapeurs de solvant. Par accord entre acheteur et fournisseur, l'essai peut être effectué avec d'autres vapeurs de solvant.

Une extrémité de bande de la feuille métallique est détachée du matériau de base sur une distance d'au moins 10 mm , et suffisante pour l'appareillage utilisé. L'extrémité arrachée de la feuille est serrée sur toute sa largeur par des mâchoires de la pince de la machine d'essai de traction et une force croissant régulièrement est appliquée suivant une direction à $(90 \pm 5)^\circ$ du plan du matériau de base jusqu'à ce que la feuille de métal se détache à une vitesse de $(50 \pm 5) \text{ mm/min}$. La force d'arrachement doit être mesurée. Une longueur d'au moins 25 mm doit être détachée à cette vitesse de chacune des quatre bandes.

9.6 *Test 2M06: Peel strength after exposure to solvent vapour*

9.6.1 *Object*

To determine the resistance to peeling under specified conditions and after exposure to solvent vapour. The test is performed on the sample as manufactured and without conditioning. The test does not apply to the outer 25 mm of the laminated sheet as manufactured and provided by the supplier.

9.6.2 *Test specimens*

- a) Specimens shall be taken from the panel or sheet in such a way that they are at least 25 mm from the edge.
- b) The test specimen shall be prepared from a sample of the copper-clad base material under test and before it is etched, its thickness shall normally be that of the material. However, in the case of materials clad with copper foil of nominal mass per unit area less than 305 g/m², the foil mass per unit area may be increased to not more than 335 g/m² by any procedure in which ductile copper is deposited. The specimen shall be (50 ± 1) mm wide, and at least 75 mm long, and it shall be printed by any appropriate method in usual practice with the test pattern of **figure 8**.
- c) The number of specimens used for one test shall be sufficient for the peeling of at least 25 mm from each of four strips of copper foil.
- d) Specimens with a thickness less than 0,8 mm shall be built up to sufficient rigidity by a suitable technique for example by sticking the sample to a rigid material.

9.6.3 *Test apparatus and materials*

The following test apparatus and material shall be used:

- a) a tensile testing machine that achieves a peel rate of (50 ± 5) mm/min;
- b) a clamp to grip the detached end of the foil over its entire width;
- c) a solvent to be agreed between purchaser and supplier.

9.6.4 *Procedure*

The specimen shall be suspended for (120 ± 5) s in the vapour of the solvent chosen, boiling at atmospheric pressure. The samples shall be removed from the solvent vapour and placed in standard laboratory conditions of (23 ± 2) °C and (45 ± 5) % RH. Immediately after removal from the solvent and again after 24 h, the specimen shall be examined for blistering or delamination. If it has not blistered or delaminated, it shall then be used for the measurement of peel strength after exposure to solvent vapour. By agreement between purchaser and supplier the test may be carried out with other solvent vapours.

One end of the strip of the metal foil shall be detached from the base material for a distance of at least 10 mm, and sufficient for the apparatus used. The detached end of the foil shall be gripped over its entire width in the jaws of the clamp on the tensile testing machine, and a steady increasing pull shall be applied in a direction (90 ± 5) ° to the plane of the base material until the metal foil is peeled off at a rate of (50 ± 5) mm/min. The peel force shall be recorded. A length of at least 25 mm shall be peeled at this rate from each of four strips.

Si la feuille de cuivre de masse nominale inférieure à 305 g/m^2 casse durant l'essai ou ne tient pas les exigences de la spécification appropriée, une nouvelle série de quatre bandes doit être essayée en renforçant le cuivre comme décrit dans la méthode de façon à avoir une masse totale au moins égale à 275 g/m^2 et au plus égale à 335 g/m^2 .

La force minimale par unité de largeur requise pour arracher la feuille de métal pendant l'essai est considérée comme la force d'adhérence. Elle est exprimée en newtons par millimètre.

9.6.5 Rapport

Le rapport doit comporter:

- a) le numéro de l'essai et l'indice de révision;
- b) la date de l'essai;
- c) l'identification du matériau essayé;
- d) la vapeur du solvant à laquelle l'éprouvette a été exposée;
- e) la force d'adhérence mesurée;
- f) si du cuivre supplémentaire a été ajouté sur l'éprouvette;
- g) si l'on a observé des cloquages ou des décollements interlaminaires sur l'éprouvette; immédiatement après l'exposition aux vapeurs du solvant et/ou après 24 heures de reprise;
- h) tout écart par rapport à la présente méthode d'essai.

9.6.6 Informations complémentaires

Les solvants pouvant nuire à l'environnement ne doivent pas être utilisés. Mais si l'utilisation de tels solvants est exigée, il convient de ne pas relâcher les vapeurs dans l'environnement. Un bon moyen pour cela est d'utiliser un refroidisseur au-dessus des vapeurs de façon que le solvant retombe dans le récipient chauffé, après condensation. Les décrets des autorités nationales sur la protection de l'environnement doivent être observés.

Should copper foil of nominal mass per unit area less than 305 g/m^2 break during the test, or fail to meet the requirements of the relevant specification, a further set of four strips shall be tested from material to which additional copper has been added as described in the method to a total mass per unit area not less than 275 g/m^2 but not more than 335 g/m^2 .

The minimum load per unit width required to peel the metal foil during the test shall be taken as the peel strength. It shall be expressed in newtons per millimetre.

9.6.5 Report

The report shall include:

- a) the test number and revision index;
- b) the testing date;
- c) the identification of the material tested;
- d) the solvent vapour to which the specimen was exposed;
- e) the measured peel strength;
- f) whether additional copper has been added;
- g) whether there was blistering or delamination in the specimen immediately after exposure to solvent vapour and/or after 24 h recovery;
- h) any deviation from this test method.

9.6.6 Additional information

Environmentally damaging solvents shall not be used. But if it is required to use such solvents, the vapour should not be released into the environment. A good way to prevent this is to use a cooler above the vapour in such a way that, after condensation, the solvent drips back in the heated vessel. The environmental protection decrees of the national authorities shall be observed.

9.7 Essai 2M07: Force d'adhérence après immersion dans un solvant

9.7.1 Objet

Déterminer la résistance à l'arrachement dans des conditions spécifiées et après immersion dans un solvant. Cet essai est pratiqué sur des éprouvettes telles que fabriquées et sans conditionnement. Cet essai ne s'applique pas aux 25 mm en bordure d'une planche de stratifié telle que fabriquée et livrée par le fournisseur.

9.7.2 Eprouvettes

- a) Les éprouvettes sont prélevées sur le panneau ou sur la planche à au moins 25 mm des bords.
- b) L'éprouvette est préparée à partir d'un échantillon du matériau de base plaqué cuivre à essayer et, avant gravure, son épaisseur est normalement celle du matériau. Cependant, dans le cas de matériaux recouverts d'une feuille de cuivre de masse nominale inférieure à 305 g/m², l'épaisseur de la feuille peut être augmentée jusqu'à avoir au plus une masse nominale de 335 g/m², par n'importe quel procédé permettant de déposer du cuivre ductile. Les éprouvettes doivent avoir (50 ± 1) mm de large et au moins 75 mm de long et l'impression conductrice est réalisée par n'importe quelle méthode appropriée de pratique courante selon l'impression d'essai de la **figure 8**.
- c) Le nombre d'éprouvettes utilisées pour un essai doit être suffisant pour obtenir l'arrachement d'au moins 25 mm de chacune des quatre bandes de cuivre.
- d) Les éprouvettes d'épaisseur inférieure à 0,8 mm doivent être amenées à une rigidité suffisante par une technique appropriée, par exemple en faisant adhérer l'échantillon sur un matériau rigide.

9.7.3 Appareillage et matériaux

Pour les essais, les appareillages et matériaux suivants doivent être utilisés:

- a) une machine d'essai de traction permettant une vitesse de pelage de (50 ± 5) mm/min;
- b) une pince pour serrer l'extrémité détachée de la feuille sur toute sa largeur;
- c) le solvant indiqué dans la spécification applicable.

9.7.4 Marche à suivre

Utiliser pour ces essais le solvant indiqué dans la spécification applicable. D'autres solvants peuvent être aussi utilisés par accord entre acheteur et fournisseur. L'essai est alors pratiqué sur des éprouvettes différentes pour chaque solvant.

L'éprouvette est immergée durant (10⁺¹₀) min dans le solvant à température ambiante. Les échantillons sont enlevés du solvant et placés dans les conditions normales de laboratoire de (23 ± 2) °C et (45 ± 5) % d'humidité relative. Immédiatement après la sortie de la vapeur de solvant et à nouveau après 24 h, l'éprouvette est examinée pour rechercher s'il y a eu cloquage ou décollement interlaminaire, apparition de rugosité, de ramollissement ou de changement de couleur. S'il ne s'est produit ni cloquage, ni décollement interlaminaire, ni aucun autre défaut superficiel, elle est utilisée pour la mesure de la force d'adhérence après immersion dans un solvant.

Une extrémité de la bande de feuille métallique est détachée du matériau de base sur une distance d'au moins 10 mm, et suffisante pour l'appareillage utilisé. L'extrémité arrachée de la feuille est serrée sur toute sa largeur par les mâchoires de la pince sur la machine d'essai de traction et une force croissant régulièrement est appliquée suivant une direction à (90 ± 5)° du plan du matériau de base jusqu'à ce que la feuille de métal se détache à une vitesse de (50 ± 5) mm/min; la force d'arrachement doit être enregistrée. Une longueur d'au moins 25 mm doit être détachée à cette vitesse de chacune des quatre bandes.

9.7 Test 2M07: Peel strength after immersion in solvent

9.7.1 Object

To determine the resistance to peeling under specified conditions and after immersion in solvent. The test is performed on the sample as manufactured and without conditioning. The test does not apply to the outer 25 mm of the laminated sheet as manufactured and provided by the supplier.

9.7.2 Test specimens

- a) Specimens shall be taken from the panel or sheet in such a way that they are at least 25 mm from the edge.
- b) The test specimen shall be prepared from a sample of the copper-clad base material under test and before it is etched, its thickness shall normally be that of the material. However, in the case of materials clad with copper foil of nominal mass per unit area less than 305 g/m², the foil mass per unit area may be increased to not more than 335 g/m² by any procedure in which ductile copper is deposited. The specimen shall be (50 ± 1) mm wide, and at least 75 mm long, and it shall be printed by any appropriate method of usual practice with the test pattern of **figure 8**.
- c) The number of specimens used for one test shall be sufficient for the peeling of at least 25 mm from each of four strips of copper foil.
- d) Specimens with a thickness less than 0,8 mm shall be built up to sufficient rigidity by a suitable technique, for example by sticking the sample to a rigid material.

9.7.3 Test apparatus and materials

The following test apparatus and material shall be used:

- a) a tensile testing machine that achieves a peel rate of (50 ± 5) mm/min;
- b) a clamp to grip the detached end of the foil over its entire width;
- c) the solvent as stated in the relevant specification.

9.7.4 Procedure

Use for this test the solvent as stated in the relevant specification. Additional solvents may be used by agreement between purchaser and supplier. The test shall be carried out on separate test specimens for each solvent.

The specimen shall be immersed for (10^{+1}_0) min in the solvent at room temperature.

The samples shall be removed from the solvent and placed in standard laboratory conditions of (23 ± 2) °C and (45 ± 5) % RH. Immediately after removal from the solvent vapour and again after 24 h, the specimen shall be examined for blistering, delamination, surface roughness, tackiness or colour change. If it has not blistered, delaminated or experienced other surface defects, it shall be used for the measurement of peel strength after immersion in solvent.

One end of the strip of the metal foil shall be detached from the base material for a distance of at least 10 mm, and sufficient for the apparatus used. The detached end of the foil shall be gripped over its entire width in the jaws of the clamp on the tensile testing machine, and a steady increasing pull shall be applied in a direction $(90 \pm 5)^\circ$ to the plane of the base material until the metal foil is peeled off at a rate of (50 ± 5) mm/min, the peel force shall be recorded. A length of at least 25 mm shall be peeled at this rate from each of four strips.

Si la feuille de cuivre de masse nominale inférieure à 305 g/m^2 casse durant l'essai ou ne tient pas les exigences de la spécification appropriée, une nouvelle série de quatre bandes doit être essayée en renforçant le cuivre comme décrit, de façon à avoir une masse totale au moins égale à 275 g/m^2 et au plus égale à 335 g/m^2 .

La force minimale par unité de largeur requise pour arracher la feuille de métal pendant l'essai est considérée comme la force d'adhérence. Elle est exprimée en newtons par millimètre.

9.7.5 Rapport

Le rapport doit comporter:

- a) le numéro de l'essai et l'indice de révision;
- b) la date de l'essai;
- c) l'identification du matériau essayé;
- d) le solvant utilisé;
- e) la force d'adhérence mesurée;
- f) si du cuivre supplémentaire a été ajouté sur l'éprouvette;
- g) si l'on a observé des cloquages ou des décollements interlaminaires, ou apparition de rugosité, de ramollissement ou de changement de couleur sur l'éprouvette immédiatement après l'immersion dans le solvant et/ou après 24 h de reprise;
- h) tout écart par rapport à la présente méthode d'essai.

9.7.6 Informations complémentaires

Les solvants pouvant nuire à l'environnement ne doivent pas être utilisés. Mais si l'utilisation de tels solvants est exigée, il convient de ne pas relâcher les vapeurs dans l'environnement. Un bon moyen pour cela est d'utiliser un refroidisseur au-dessus du récipient contenant le solvant de façon que, après condensation, le solvant retombe dans le récipient chauffé. Les décrets des autorités nationales sur la protection de l'environnement doivent être respectés.

9.8 Essai 2M08: Résistance aux flexions répétées (à l'étude)

Should copper foil of nominal mass less than 305 g/m^2 break during the test or fail to meet the requirements of the relevant specification, a further set of four strips shall be tested from material to which additional copper has been added as described above to a total mass not less than 275 g/m^2 , but not more than 335 g/m^2 .

The minimum load per unit width required to peel the metal foil during the test shall be taken as the peel strength. It shall be expressed in newtons per millimetre.

9.7.5 Report

The report shall include:

- a) the test number and revision index;
- b) the testing date;
- c) the identification of the material tested;
- d) the solvent used;
- e) the measured peel strength;
- f) whether additional copper has been added to the test specimen;
- g) whether there was blistering, delamination, surface roughness, tackiness or colour change immediately after the immersion and/or after 24 h recovery;
- h) any deviation from this test method.

9.7.6 Additional information

Environmentally damaging solvents shall not be used. But if it is required to use such solvents the vapour should not be released into the environment. A good way to prevent this is to use a cooler above the vapour in such a way that, after condensation, the solvent drips back in the heated vessel. The environmental protection decrees of the national authorities shall be observed.

9.8 Test 2M08: Flexural strength (under consideration)

9.9 Essai 2M09: Taux de fluage de la résine d'un matériau préimprégné

9.9.1 Objet

Le but de cette méthode d'essai est de donner le moyen de mesurer le taux de fluage de la résine d'une armature imprégnée à l'état B.

9.9.2 Epreuves

- Les éprouvettes sont prélevées à au moins 25 mm du bord de la feuille ou du rouleau de préimprégné.
- Pour les rouleaux de préimprégné, quatre éprouvettes de $(100 \pm 0,2)$ mm $\times$ $(100 \pm 0,2)$ mm doivent être découpées sur la largeur du rouleau, à égale distance les unes des autres. Pour les préimprégnés en feuille, les quatre éprouvettes doivent être découpées d'une manière aléatoire à partir de deux feuilles différentes, les diagonales des éprouvettes étant parallèles aux sens trame et chaîne (**figure 1**).
- Toute trace de particules perdues et de fibres projetées doit être enlevée de la surface du matériau.

9.9.3 Appareillage et matériaux

Pour les essais, les appareillages et matériaux suivants doivent être utilisés:

- une presse de stratification, maintenue à une température de (170 ± 3) °C, et capable d'appliquer une pression de $(1,5 \pm 0,15)$ MPa sur l'éprouvette;
- une balance pour analyse avec une résolution d'au moins 0,001 g;
- un matériau de démoulage, fluorure de polyvinyle (PVF) ou équivalent;
- des plaques de pressage en acier inoxydable de $(1,6 \pm 0,8)$ mm d'épaisseur, d'au moins 150 mm au carré, mais pas plus grandes que les plateaux de la presse;
- un ensemble matrice et poinçon, soit circulaire de $(79,8 \pm 0,1)$ mm de diamètre, soit carré de $(70,7 \pm 0,4)$ mm de côté;
- un dessiccateur (chambre de stabilisation) capable de maintenir l'humidité relative à moins de 25 % à la température ambiante.

9.9.4 Marche à suivre

Si les échantillons sont stockés plus de 24 h, il convient que les éprouvettes soient séchées au dessiccateur pendant au moins 4 h avant l'essai.

Les éprouvettes sont soigneusement empilées avec des bords bien alignés. Elles peuvent être attachées ensemble par des moyens adéquats. Le tas d'éprouvettes est pesé à 0,005 g près (M_1).

Placer l'empilage d'éprouvettes entre deux feuilles de démoulage et placer le tout entre les plaques d'acier inoxydable.

Insérer cet assemblage d'éprouvettes et de plaques dans la presse de stratification préchauffée, maintenue à (170 ± 3) °C, et appliquer immédiatement une pression de $(1,5 \pm 0,15)$ MPa avant que 5 s au maximum ne se soient écoulées. La pression est maintenue jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de fluage de résine ou durant 10 min, en prenant la plus longue de ces deux durées.

Après stratification, ouvrir la presse, enlever l'éprouvette et laisser refroidir à la température ambiante.

9.9 Test 2M09: Resin flow of prepreg material

9.9.1 Object

The purpose of this test method is to provide a means for measuring the resin flow of impregnated reinforcement cured to the B-stage.

9.9.2 Test specimens

- The test specimens shall be taken in such a way that they are at least 25 mm from the edge of the prepreg sheet or roll.
- For rolls of prepreg, four specimens $(100 \pm 0,2)$ mm $\times$ $(100 \pm 0,2)$ mm shall be cut from positions equally spaced across the width of the roll. For sheeted prepreg, the four specimens shall be cut randomly from two different sheets. The diagonals of the specimens shall be parallel to the machine and cross-machine directions (**figure 1**).
- All loose particles and projecting fibres shall be removed from the material.

9.9.3 Test apparatus and materials

The following test apparatus and materials shall be used:

- laminating press maintained at a temperature of (170 ± 3) °C and capable of providing a pressure of $(1,5 \pm 0,15)$ MPa on the test specimen;
- analytical balance with a 0,001 g or better resolution;
- release material polyvinyl-fluoride (PVF) or equivalent;
- plates of stainless steel $(1,6 \pm 0,8)$ mm thick and 150 mm square minimum, but not larger than the press platen size;
- a punch and die set, circular disk of $(79,8 \pm 0,1)$ mm in diameter or square, whose sides are $(70,7 \pm 0,4)$ mm;
- desiccator (stabilization chamber) capable of maintaining less than 25 % RH at room temperature.

9.9.4 Procedure

If specimens are stored for over 24 h, specimens should be desiccated for a minimum of 4 h prior to testing.

The specimens shall be stacked together with their edges in careful alignment. They may be fastened together with suitable means. The stack of specimens shall then be weighed to the nearest 0,005 g (M_1).

Place the stack of specimens between the release films, then place them all between plates of stainless steel.

Insert the assembly of plates and test specimen in the preheated laminating press maintained at (170 ± 3) °C and immediately apply a pressure of $(1,5 \pm 0,15)$ MPa within a maximum of 5 s elapsed time. The pressure shall be held until there is no further flow of resin, or for 10 min, whichever is longer.

After lamination, open the press, remove the specimen and allow to cool to room temperature.

On enlève une pièce de 5 000 mm² de surface dans la zone centrale du stratifié, soit de forme carrée, de (70,7 ± 0,4) mm de côté, soit de forme circulaire, de (79,8 ± 0,4) mm de diamètre, en utilisant l'ensemble matrice et poinçon et on pèse cette pièce à 0,005 g près (M_2) sans les feuilles de démoulage.

Le taux de fluage de la résine est calculé à 0,1 % près comme suit:

$$RF = \frac{100 (M_1 - 2M_2)}{M_1}$$

où

RF est le taux de fluage de la résine (%)

M_1 est le poids original (g)

M_2 est le poids du carré ou du disque (g)

Lorsqu'on utilise cet essai comme référence, une seconde série d'éprouvettes doit subir l'essai et la moyenne des deux valeurs est rapportée.

9.9.5 Rapport

Le rapport doit comporter:

- a) le numéro d'essai et l'indice de révision;
- b) la date de l'essai;
- c) l'identification du matériau essayé;
- d) le taux de fluage de la résine à 0,1 %;
- e) tout écart par rapport à la présente méthode d'essai.

9.9.6 Informations complémentaires

Si nécessaire, avant son poinçonnage, post-cuire l'éprouvette selon la méthode de postcuisson conseillée par le fabricant.

La température de 170 °C pour la presse de laminage convient pour les systèmes à résine époxyde uniquement. Pour les autres systèmes à résine, la température doit être déterminée par accord entre l'acheteur et le fournisseur.

9.10 Essai 2M10: Transition vitreuse delta (DSC) (à l'étude)

9.11 Essai 2M11: Température de transition vitreuse (TMA) (à l'étude)

9.12 Essai 2M12: Ondulation superficielle (à l'étude)

A piece having an area of 5 000 mm² shall be removed from the central area of the laminate in the form of a square whose sides are (70,7 ± 0,4) mm or a circular disk (79,8 ± 0,4) mm in diameter using the punch and die set, and weighed to the nearest 0,005 g (M_2) without release films.

The resin flow shall be calculated to the nearest 0,1 % as follows:

$$RF = \frac{100 (M_1 - 2M_2)}{M_1}$$

where

RF is the resin flow (%)

M_1 is the original weight in (g)

M_2 is the weight of square or disk in (g)

When the test is used as a reference, a second set of specimens shall be tested, and the average of the two reported.

9.9.5 Report

The report shall include:

- a) the test method number and revision index;
- b) the testing date;
- c) the identification of the material tested;
- d) the resin flow to the nearest 0,1 %;
- e) any deviation from this test method.

9.9.6 Additional information

If necessary, before punching the specimen, post cure the test specimen in accordance with the manufacturer's post-cure method.

The 170 °C temperature for the laminating press is suitable for epoxide resin systems only. For other resin systems, the temperature shall be determined upon agreement between purchaser and supplier.

9.10 **Test 2M10: Delta glass transition (DSC)** (under consideration)

9.11 **Test 2M11: Glass transition temperature (TMA)** (under consideration)

9.12 **Test 2M12: Surface waviness** (under consideration)

9.13 Essai 2M13: Force d'adhérence à réception

9.13.1 Objet

Déterminer la résistance à l'arrachement dans des conditions spécifiées. Cet essai est pratiqué sur des éprouvettes telles que stratifiées et sans conditionnement. Cet essai ne s'applique pas à la bande de 25 mm de large en bordure d'une planche de stratifié telle que fabriquée et livrée par le fournisseur.

9.13.2 Eprouvettes

- a) Les éprouvettes sont prélevées sur le panneau ou sur la planche à au moins 25 mm des bords.
- b) L'éprouvette est préparée à partir d'un échantillon du matériau de base plaqué cuivre à essayer et, son épaisseur est normalement celle du matériau avant gravure. Cependant, dans le cas de matériaux recouverts d'une feuille de cuivre de masse nominale inférieure à 305 g/m², l'épaisseur de la feuille peut être augmentée, jusqu'à avoir au plus une masse nominale de 335 g, par n'importe quel procédé permettant de déposer du cuivre ductile. Les éprouvettes doivent avoir (50 ± 1) mm de large et au moins 75 mm de long et l'impression conductrice est réalisée par n'importe quelle méthode appropriée de pratique courante selon l'impression d'essai de la **figure 8**.
- c) Le nombre d'éprouvettes utilisées pour un essai doit être suffisant pour obtenir l'arrachement d'au moins 25 mm de chacune des quatre bandes de cuivre.
- d) Les éprouvettes d'épaisseur inférieure à 0,8 mm doivent être amenées à une rigidité suffisante par une technique appropriée, par exemple en faisant adhérer l'échantillon sur un matériau rigide.

9.13.3 Appareillage et matériaux

Pour les essais, les appareillages et matériaux suivants doivent être utilisés:

- a) une machine d'essai de traction permettant une vitesse de pelage de (50 ± 5) mm/min;
- b) une pince pour serrer l'extrémité détachée de la feuille sur toute sa largeur.

9.13.4 Marche à suivre

Une extrémité de la bande de feuille métallique est détachée du matériau de base sur une distance d'au moins 10 mm et suffisante pour l'appareillage utilisé. L'extrémité arrachée de la feuille est serrée sur toute sa largeur par les mâchoires de la pince sur la machine d'essai de traction et une force croissant régulièrement est appliquée suivant une direction à (90 ± 5)° du plan du matériau de base jusqu'à ce que la feuille de métal se détache à une vitesse de (50 ± 5) mm/min, la force pour ce faire étant mesurée. Une longueur d'au moins 25 mm doit être détachée à cette vitesse de chacune des quatre bandes.

Si la feuille de cuivre de masse nominale inférieure à 305 g/m² casse durant l'essai ou ne tient pas les exigences de la spécification appropriée, une nouvelle série de quatre bandes doit être essayée en renforçant le cuivre, comme décrit ci-dessus, de façon à avoir une masse totale au moins égale à 275 g/m² et au plus égale à 335 g/m².

La force minimale par unité de largeur requise pour arracher la feuille de métal pendant l'essai est considérée comme la force d'adhérence. Elle est exprimée en newtons par millimètre.

9.13 Test 2M13: Peel strength as received

9.13.1 Object

To determine the resistance to peeling under specified conditions. The test is performed on the sample as laminated and without conditioning. The test does not apply to the outer 25 mm of the laminated sheet as manufactured and provided by the supplier.

9.13.2 Test specimens

- a) Specimens shall be taken from the panel or sheet in such a way that they are at least 25 mm from the edge.
- b) The test specimen shall be prepared from a sample of the copper-clad base material under test and before it is etched, its thickness shall normally be that of the material. However, in the case of materials clad with copper foil of nominal mass per unit area less than 305 g/m^2 , the foil mass per unit area may be increased to not more than 335 g/m^2 by any procedure in which ductile copper is deposited. The specimen shall be $(50 \pm 1) \text{ mm}$ wide, and at least 75 mm long, and it shall be printed by any appropriate method in usual practice with the test pattern of **figure 8**.
- c) The number of specimens used for one test shall be sufficient for the peeling of at least 25 mm from each of four strips of copper foil.
- d) Specimens with a thickness less than 0,8 mm shall be built up to sufficient rigidity by a suitable technique for example by sticking the sample to a rigid material.

9.13.3 Test apparatus and materials

The following test apparatus and material shall be used:

- a) a tensile testing machine that achieves a peel rate of $(50 \pm 5) \text{ mm/min}$;
- b) a clamp to grip the detached end of the foil over its entire width.

9.13.4 Procedure

One end of the strip of the metal foil shall be detached from the base material for a distance of at least 10 mm, and sufficient for the apparatus used. The detached end of the foil shall be gripped over its entire width in the jaws of the clamp on the tensile testing machine, and a steady increasing pull shall be applied in a direction $(90 \pm 5)^\circ$ to the plane of the base material until the metal foil is peeled off at a rate of $(50 \pm 5) \text{ mm/min}$, the force to do this being measured. A length of at least 25 mm shall be peeled at this rate from each of four strips.

Should copper foil of nominal mass per unit area less than 305 g/m^2 break during the test or fail to meet the requirements of the relevant specification, a further set of four strips shall be tested from material to which additional copper has been added as described as above to a total mass per unit area not less than 275 g/m^2 , but not more than 335 g/m^2 .

The minimum load per unit width required to peel the metal foil during the test shall be taken as the peel strength. It shall be expressed in newtons per millimetre.

9.13.5 *Rapport*

Le rapport doit comporter:

- a) le numéro de l'essai et l'indice de révision;
- b) la date de l'essai;
- c) l'identification du matériau essayé;
- d) un certificat établissant que l'essai a été pratiqué «à réception»;
- e) la force d'adhérence mesurée;
- f) si du cuivre supplémentaire a été ajouté sur l'éprouvette;
- g) tout écart par rapport à la présente méthode d'essai.

9.13.6 *Informations complémentaires*

Aucune

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61189-2:1997

Withdrawn

9.13.5 *Report*

The report shall include:

- a) the test number and revision index;
- b) the testing date;
- c) the identification of the material tested;
- d) a statement certifying that the test was carried out "as received";
- e) the measured peel strength;
- f) whether additional copper has been added to the test specimens;
- g) any deviation from this test method.

9.13.6 *Additional information*

None

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61189-2:1997

Withdrawn

9.14 Essai 2M14: Force d'adhérence après choc thermique

9.14.1 Objet

Déterminer la résistance à l'arrachement dans des conditions spécifiées et après des chocs thermiques spécifiés simulant les procédés de brasage. Cet essai est pratiqué sur des éprouvettes telles que fabriquées et sans conditionnement. Cet essai ne s'applique pas à la bande de 25 mm de large au bord d'une planche de stratifié telle que fabriquée et livrée par le fournisseur.

9.14.2 Eprouvettes

- a) Les éprouvettes sont prélevées sur le panneau ou sur la planche à au moins 25 mm des bords.
- b) L'éprouvette est préparée à partir d'un échantillon du matériau de base plaqué cuivre à essayer et, son épaisseur est normalement celle du matériau avant gravure. Cependant, dans le cas de matériaux recouverts d'une feuille de cuivre de masse nominale inférieure à 305 g/m², l'épaisseur de la feuille peut être augmentée, jusqu'à avoir au plus une masse nominale de 335 g/m², par n'importe quel procédé permettant de déposer du cuivre ductile. Les éprouvettes doivent avoir (50 ± 1) mm de large et au moins 75 mm de long et l'impression conductrice est réalisée par n'importe quelle méthode appropriée de pratique courante selon l'impression d'essai de la **figure 8**.
- c) Le nombre d'éprouvettes utilisées pour un essai doit être suffisant pour obtenir l'arrachement d'au moins 25 mm de chacune des quatre bandes de cuivre.
- d) Les éprouvettes préparées à partir d'échantillons de films de polymère plaqué cuivre peuvent exiger une préparation avant l'essai de la force d'adhérence pour éviter l'arrachement d'une couche d'adhésif du film de base sur une surface plus large que celle de la bande d'essai. Si nécessaire, on peut inciser avec une lame affûtée les bords de chaque bande d'essai des deux côtés en s'assurant que la couche d'adhésif a bien été traversée, mais avec une force assez faible pour ne pas entailler le film de base.
- e) Les éprouvettes d'épaisseur inférieure à 0,8 mm doivent être amenées à une rigidité suffisante par une technique appropriée, par exemple en faisant adhérer l'échantillon sur un matériau rigide.

9.14.3 Appareillage et matériaux

Pour les essais, les appareillages et matériaux suivants doivent être utilisés:

- a) une machine d'essai de traction permettant une vitesse de pelage de (50 ± 5) mm/min;
- b) une pince pour serrer l'extrémité détachée de la feuille sur toute sa largeur;
- c) un dessiccateur (chambre de stabilisation) capable de maintenir 25 % d'humidité relative ou moins à la température ambiante;
- d) un bain respectant les exigences suivantes:
 - 1) on utilise un bain liquide de silicone, bien remué, ou d'un fluide équivalent maintenu à (260⁺⁵₀) °C pendant tout l'essai. La température est mesurée à (25 ± 2,5) mm en dessous de la surface;
 - 2) on utilise un bain de sable fluidisé d'un type adéquat maintenu à une température de (260⁺⁵₀) °C. On mesure la température, approximativement à l'endroit où doit être placée l'éprouvette;
 - 3) On utilise un bain de soudure approprié d'une profondeur supérieure ou égale à 40 mm. Si ce bain est de forme circulaire, son diamètre ne doit pas être inférieur à 120 mm et, s'il est de forme rectangulaire, ses dimensions ne doivent pas être inférieures à 100 mm × 75 mm. Le bain doit être protégé des courants d'air. La température de la soudure est maintenue à (260⁺⁵₀) °C pendant tout l'essai. Elle est mesurée à la profondeur de (25 ± 2,5) mm en dessous de la surface. Le bain doit contenir un alliage de brasure de composition nominale en étain-plomb de 60/40 ou 63/37 avec une zone de température de fusion telle qu'il soit:
 - complètement solide à 183 °C;
 - complètement liquide à 188 °C.

9.14 Test 2M14: Peel strength after heat shock

9.14.1 Object

To determine the resistance to peeling under specified conditions and after specified heat shocks simulating soldering processes. The test is performed on the sample as manufactured and without conditioning. The test does not apply to the outer 25 mm of the laminate sheet as manufactured and provided by the supplier.

9.14.2 Test specimens

- a) Specimens shall be taken from the panel or sheet in such a way that they are at least 25 mm from the edge.
- b) The test specimen shall be prepared from a sample of the copper-clad base material under test and before it is etched, its thickness shall normally be that of the material. However, in the case of materials clad with copper foil of nominal mass per unit area than 305 g/m^2 , the foil mass per unit area may be increased to not more than 335 g/m^2 by any procedure in which ductile copper is deposited. The specimen shall be $(50 \pm 1) \text{ mm}$ wide, and at least 75 mm long, and it shall be printed by any appropriate method in usual practice with the test pattern of **figure 8**.
- c) The number of specimens used for one test shall be sufficient for the peeling of at least 25 mm from each of four strips of copper foil.
- d) Test specimens prepared from samples of metal-clad polymeric films may require further preparation before being tested for peel strength, to avoid the peeling of any adhesive layer from the base film over an area wider than the test strip. If necessary, the base material shall be inscribed with a sharp blade on both sides of each test strip ensuring that any adhesive layer has been severed, but with insufficient force to cut the base film.
- e) Specimens with a thickness less than 0,8 mm shall be built up to sufficient rigidity by a suitable technique for example by sticking the sample to rigid material.

9.14.3 Test apparatus and material

The following test apparatus and material shall be used:

- a) a tensile testing machine that achieves a peel rate of $(50 \pm 5) \text{ mm/min}$;
- b) a clamp to grip the detached end of the foil over its entire width;
- c) a desiccator (stabilization chamber) capable of maintaining 25 % RH or less at room temperature;
- d) a bath meeting one of the following requirements:
 - 1) a liquid bath of well-stirred silicone or equivalent fluid, kept at $(260^{+5}_0) ^\circ\text{C}$, throughout the test shall be used. The temperature shall be measured $(25 \pm 2,5) \text{ mm}$ below the surface;
 - 2) a fluidized sand bath of suitable design, kept at a temperature of $(260^{+5}_0) ^\circ\text{C}$, shall be used. The temperature shall be measured in approximately the same location that will be occupied by the specimen;
 - 3) a suitable solder bath of depth not less than 40 mm shall be used. If circular, the bath shall be not less than 120 mm in diameter, and if rectangular, not smaller than $100 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$. The bath shall be protected from draughts. The temperature of the solder shall be kept at $(260^{+5}_0) ^\circ\text{C}$ throughout the test. The temperature shall be measured at a depth of $(25 \pm 2,5) \text{ mm}$ below the surface. The bath shall contain a solder of nominal 60/40 or 63/37 tin/lead composition with a melting temperature range as follows:
 - completely solid: $183 ^\circ\text{C}$;
 - completely liquid: $188 ^\circ\text{C}$.

9.14.4 *Marche à suivre*

Si la spécification applicable au matériau en essai le prescrit, l'éprouvette est d'abord préconditionnée, refroidie à la température ambiante dans un dessiccateur et soumise au choc thermique dans les 30 min suivant son enlèvement de l'atmosphère de préconditionnement.

9.14.4.1 *Choc thermique*

L'éprouvette est soumise au choc thermique selon l'une des trois méthodes suivantes, le choix entre elles étant soumis à un accord entre acheteur et fournisseur.

9.14.4.1.1 *Méthode du bain liquide*

Le bain est tel que décrit en 8.14.3 d1. L'éprouvette est maintenue en position horizontale, à une profondeur de $(25 \pm 2,5)$ mm, dans un montage de capacité thermique suffisamment faible pour éviter que la température du fluide ne descende au-dessous de 260 °C. L'éprouvette doit être totalement immergée dans le fluide pendant le temps prescrit dans la spécification applicable.

9.14.4.1.2 *Méthode du bain de sable fluidisé*

Le bain est tel que décrit en 8.14.3 d2. L'éprouvette est immergée par la tranche, c'est-à-dire que sa surface forme un angle droit avec la surface du bain, pendant le temps prescrit dans la spécification applicable.

9.14.4.1.3 *Méthode de la flottaison sur bain de soudure*

Le bain est tel que décrit en 8.14.3 d3. Les éprouvettes en film de polymère métallisé peuvent être fixées à la surface inférieure d'une pièce de liège ou tout autre isolant thermique à l'aide de punaises ou tout autre dispositif de faible masse.

L'impression conductrice de l'éprouvette est soumise à un traitement approprié afin d'éviter que la soudure n'adhère au métal, mais n'ayant qu'une influence négligeable sur le transfert de la chaleur.

L'éprouvette est alors placée sur la surface de la soudure nettoyée en fusion, face gravée vers le bas, pendant le temps précisé dans la spécification applicable.

9.14.4.2 *Examen visuel*

Après enlèvement de la source de choc thermique choisie, l'éprouvette est examinée pour rechercher s'il y a eu cloquage ou décollement interlaminaire. S'il n'y a eu ni cloquage, ni décollement interlaminaire, elle est refroidie entre 15 °C et 35 °C puis utilisée pour la mesure de la force d'adhérence après choc thermique.

9.14.4.3 *Arrachement*

Une extrémité de la bande de feuille métallique est détachée du matériau de base sur une distance d'au moins 10 mm, et suffisante pour l'appareillage utilisé. L'extrémité arrachée de la feuille est serrée sur toute sa largeur par les mâchoires de la pince sur la machine d'essai de traction et une force croissant régulièrement est appliquée suivant une direction à $(90 \pm 5)^\circ$ du plan du matériau de base jusqu'à ce que la feuille de métal se détache à une vitesse de (50 ± 5) mm/min, la force d'arrachement doit être enregistrée. Une longueur d'au moins 25 mm doit être détachée à cette vitesse de chacune des quatre bandes.

Si la feuille de cuivre de masse nominale inférieure à 305 g/m² casse durant l'essai ou ne tient pas les exigences de la spécification appropriée, une nouvelle série de quatre bandes doit être essayée en renforçant le cuivre, comme décrit ci-dessus, de façon à avoir une masse totale au moins égale à 275 g/m² et au plus égale à 335 g/m².

La force minimale par unité de largeur requise pour arracher la feuille de métal pendant l'essai est considérée comme la force d'adhérence. Elle est exprimée en newtons par millimètre.

9.14.4 Procedure

If specified in the relevant specification for the material under test, the specimen shall be preconditioned, allowed to cool to room temperature in a desiccator and subjected to heat shock within 30 min of removal from the preconditioning atmosphere.

9.14.4.1 Heat shock

The specimen shall be subjected to heat shock by one of the following three methods, the choice between them to be subject to agreement between purchaser and supplier.

9.14.4.1.1 Liquid bath method

Bath as described in 8.14.3 d1. The specimen shall be held in a horizontal position, at a depth of $(25 \pm 2,5)$ mm in a holder of heat capacity low enough to avoid the fluid temperature falling below 260 °C. The specimen shall be totally immersed in the fluid for the time given in the relevant specification.

9.14.4.1.2 Fluidized sand bath method

Bath as described in 8.14.3 d2. The specimen shall be immersed edgewise, that is with its surface at right angles to the bath surface, for the time given in the relevant specification.

9.14.4.1.3 Solder float method

Bath as described in 8.14.3 d3. Specimens of metal-clad polymeric film may be attached to the lower surface of a block of cork or other thermal insulation using drawing pins or other low mass holding devices.

The conductive pattern on the specimen shall be prepared by a treatment which prevents the adhesion of solder to the metal, and which has a negligible effect on heat transfer.

The specimen shall then be dropped, etched side downwards, onto the surface of the clean molten solder for the time given in the relevant specification.

9.14.4.2 Visual examination

After removal from whichever source of heat shock has been used, the specimen shall be examined for blistering or delamination. If it has not blistered or delaminated, it shall be allowed to cool to between 15 °C and 35 °C and then be used for the measurement of peel strength after heat shock.

9.14.4.3 Peeling

One end of the strip of the metal foil shall be detached from the base material for a distance of at least 10 mm, and sufficient for the apparatus used. The detached end of the foil shall be gripped over its entire width in the jaws of the clamp on the tensile testing machine, and a steady increasing pull shall be applied in a direction $(90 \pm 5)^\circ$ to the plane of the base material until the metal foil is peeled off at a rate of (50 ± 5) mm/min, the peel force shall be recorded. A length of at least 25 mm shall be peeled at this rate from each of four strips.

Should copper foil of nominal mass per unit area less than 305 g/m² break during the test or fail to meet the requirements of the relevant specification, a further set of four strips shall be tested from material to which additional copper has been added as described above to a total mass per unit area not less than 275 g/m², but not more than 335 g/m².

The minimum load per unit width required to peel the metal foil during the test shall be taken as the peel strength. It shall be expressed in newtons per millimetre.

9.14.5 *Rapport*

Le rapport doit comporter:

- a) le numéro de l'essai et l'indice de révision;
- b) la date de l'essai;
- c) l'identification du matériau essayé;
- d) un certificat établissant que l'essai a bien été pratiqué «après choc thermique»;
- e) le procédé utilisé pour le choc thermique;
- f) la durée d'exposition de l'éprouvette au choc thermique;
- g) la force d'adhérence mesurée;
- h) si du cuivre supplémentaire a été ajouté sur l'éprouvette;
- i) s'il y a eu cloquage ou décollement interlaminaire après le choc thermique;
- j) tout écart par rapport à la présente méthode d'essai.

9.14.6 *Informations complémentaires*

9.14.6.1 *Précautions de sécurité*

Eviter tout contact des yeux ou de la peau avec les matériaux chauds en utilisant une protection convenable.

9.14.5 *Report*

The report shall include:

- a) the test number and revision index;
- b) the test date;
- c) the identification of the material tested;
- d) a statement certifying that the test has been carried out "after heat shock";
- e) the heat shock method used;
- f) the time during which the specimen was exposed to the heat shock;
- g) the measured peel strength;
- h) whether additional copper has been added to the test specimen;
- i) whether there was blistering or delamination after the heat shock;
- j) any deviation from this test method.

9.14.6 *Additional information*

9.14.6.1 *Safety precautions*

Avoid eye and skin contact with hot materials by using suitable protection.

9.15 Essai 2M15: Force d'adhérence après exposition à la chaleur sèche

9.15.1 Objet

Déterminer la résistance à l'arrachement dans des conditions spécifiées et après exposition à une haute température. Cet essai est pratiqué sur des éprouvettes telles que fabriquées et sans conditionnement. Cet essai ne s'applique pas à la bande de 25 mm de large au bord d'une planche de stratifié telle que fabriquée et livrée par le fournisseur.

9.15.2 Eprouvettes

- a) Les éprouvettes sont prélevées sur le panneau ou sur la planche à au moins 25 mm des bords.
- b) L'éprouvette est préparée à partir d'un échantillon du matériau de base plaqué cuivre à essayer et, avant gravure, son épaisseur est normalement celle du matériau. Cependant, dans le cas de matériaux recouverts d'une feuille de cuivre de masse nominale inférieure à 305 g/m², l'épaisseur de la feuille peut être augmentée jusqu'à avoir au plus une masse nominale de 335 g/m², par n'importe quel procédé permettant de déposer du cuivre ductile. Les éprouvettes doivent avoir (50 ± 1) mm de large et au moins 75 mm de long et l'impression conductrice est réalisée par n'importe quelle méthode appropriée de pratique courante selon l'impression d'essai de la **figure 8**.
- c) Le nombre d'éprouvettes utilisées pour un essai doit être suffisant pour obtenir l'arrachement d'au moins 25 mm de chacune des quatre bandes de cuivre.
- d) Les éprouvettes préparées à partir d'échantillons de film de polymère plaqué cuivre peuvent exiger une préparation avant l'essai de la force d'adhérence pour éviter l'arrachement d'une couche d'adhésif du film de base sur une surface plus large que celle de la bande d'essai. Si nécessaire, on peut inciser avec une lame affûtée les bords de chaque bande d'essai des deux côtés, en s'assurant que la couche d'adhésif a bien été traversée, mais avec une force assez faible pour ne pas entailler le film de base.
- e) Les éprouvettes d'épaisseur inférieure à 0,8 mm doivent être amenées à une rigidité suffisante par une technique appropriée, par exemple en faisant adhérer l'échantillon sur un matériau rigide.

9.15.3 Appareillage et matériaux

Pour les essais, les appareillages et matériaux suivants doivent être utilisés:

- a) une machine d'essai de traction permettant une vitesse de pelage de (50 ± 5) mm/min;
- b) une pince pour serrer l'extrémité détachée de la feuille sur toute sa largeur;
- c) une chambre à circulation d'air capable de maintenir (200 ± 2) °C dans l'espace de travail. Une circulation d'air forcé peut être utilisée pour maintenir des conditions homogènes. Afin de limiter les problèmes de chaleur rayonnée, la température des murs peut ne pas différer de plus de 3 % de la température ambiante spécifiée de l'essai. L'humidité absolue à l'intérieur de la chambre d'essai ne doit pas dépasser 20 g de vapeur d'eau par mètre cube d'air (ce qui correspond à environ 50 % d'humidité relative à 35 °C).

9.15.4 Marche à suivre

L'éprouvette est exposée à la haute température en utilisant la chambre décrite en 8.15.3c, durant 500 h, sauf spécification différente. La température de l'air dans la chambre chauffante est celle donnée dans la spécification applicable. L'air doit circuler dans la chambre durant toute la période de chauffage, l'éprouvette étant disposée de façon que ses grandes surfaces soient parallèles au flux d'air.

Les échantillons sont retirés de la chambre d'air et placés dans les conditions normales de laboratoire de (23 ± 2) °C et (45 ± 5) % HR. Après un minimum d'une heure, l'éprouvette est examinée afin de rechercher les indices de cloquage et de décollement interlaminaire; s'il ne s'est produit ni cloquage ni décollement interlaminaire, elle est ensuite utilisée pour la mesure de la force d'adhérence après exposition à la chaleur sèche.

9.15 Test 2M15: Peel strength after dry heat

9.15.1 Object

To determine the resistance to peeling under specified conditions and after exposure to high temperature. The test is performed on the specimen as manufactured and without conditioning. The test does not apply to the outer 25 mm of the laminated sheet as manufactured and provided by the supplier.

9.15.2 Test specimens

- a) Specimens shall be taken from the panel or sheet in such a way that they are at least 25 mm from the edge.
- b) The test specimen shall be prepared from a sample of the copper-clad base material under test and before it is etched, its thickness shall normally be that of the material. However, in the case of materials clad with copper foil of nominal mass per unit area less than 305 g/m², the foil mass per unit area may be increased to not more than 335 g/m² by any procedure in which ductile copper is deposited. The specimen shall be (50 ± 1) mm wide, and at least 75 mm long, and it shall be printed by any appropriate method in usual practice with the test pattern of **figure 8**.
- c) The number of specimens used for one test shall be sufficient for the peeling of at least 25 mm from each of four strips of copper foil.
- d) Test specimens prepared from samples of copper-clad polymeric films may require further preparation before being tested for peel strength, to avoid the peeling of any adhesive layer from the base film over an area wider than the test strip. If necessary, the base material shall be inscribed with a sharp blade on both sides of each test strip ensuring that any adhesive layer has been severed, but with insufficient force to cut the base film.
- e) Specimens with a thickness less than 0,8 mm shall be built up to sufficient rigidity by a suitable technique, for example by sticking the sample to a rigid material.

9.15.3 Test apparatus and materials

The following test apparatus and material shall be used:

- a) a tensile testing machine that achieves a peel rate of (50 ± 5) mm/min;
- b) a clamp to grip the detached end of the foil over its entire width;
- c) circulating air chamber capable of maintaining (200 ± 2) °C in the working space. Forced air circulation may be used to maintain homogenous conditions. In order to limit radiated heat problems, the temperature of the walls may not differ by more than 3 % from the specified ambient temperature of the test. The absolute humidity inside the test chamber shall not exceed 20 g of water vapour per cubic metre of air (corresponding to approximately 50 % RH at 35 °C).

9.15.4 Procedure

The specimen shall be exposed to high temperature using the chamber described in 8.15.3c, for 500 h, unless otherwise specified. The temperature of the air in the heating chamber shall be that given in the relevant specification. The air in the chamber shall circulate during the entire heating period, and the large surfaces of the specimen shall be parallel with the air flow.

The specimen shall be removed from the air chamber and placed in standard laboratory conditions of (23 ± 2) °C and (45 ± 5) % R.H. After a minimum of 1 h, the specimen shall be examined for blistering or delamination. If it has not blistered or delaminated, it shall then be used for the measurement of peel strength after dry heat.

Une extrémité de la bande de feuille métallique est détachée du matériau de base sur une distance d'au moins 10 mm, et suffisante pour l'appareillage utilisé. L'extrémité arrachée de la feuille est serrée sur toute sa largeur par les mâchoires de la pince sur la machine d'essai de traction et une force croissant régulièrement est appliquée suivant une direction à $(90 \pm 5)^\circ$ du plan du matériau de base jusqu'à ce que la feuille de métal se détache à une vitesse de (50 ± 5) mm/min, la force pour ce faire étant mesurée. Une longueur d'au moins 25 mm doit être détachée à cette vitesse de chacune des quatre bandes.

Si la feuille de cuivre de masse nominale inférieure à 305 g/m^2 casse durant l'essai ou ne tient pas les exigences de la spécification appropriée, une nouvelle série de quatre bandes doit être essayée en renforçant le cuivre comme décrit en 8.15.2b de façon à avoir une masse totale au moins égale à 275 g/m^2 et au plus égale à 335 g/m^2 .

La force minimale par unité de largeur requise pour arracher la feuille de métal pendant l'essai est considérée comme la force d'adhérence. Elle est exprimée en newtons par millimètre.

9.15.5 *Rapport*

Le rapport doit comporter:

- a) le numéro de l'essai et l'indice de révision;
- b) la date de l'essai;
- c) l'identification du matériau essayé;
- d) un certificat établissant que l'essai a bien été pratiqué «après exposition à la chaleur sèche»;
- e) la durée d'exposition de l'éprouvette à la chaleur sèche;
- f) la température de la chambre chauffante;
- g) le temps de reprise, s'il n'est pas normal;
- h) la force d'adhérence mesurée;
- i) si du cuivre supplémentaire a été ajouté à l'éprouvette;
- j) si l'on a observé du cloquage ou du décollement interlaminaire après exposition à la chaleur sèche;
- k) tout écart par rapport à la présente méthode d'essai.

9.15.6 *Informations complémentaires*

Aucune

One end of the strip of the metal foil shall be detached from the base material for a distance of at least 10 mm, and sufficient for the apparatus used. The detached end of the foil shall be gripped over its entire width, in the jaws of the clamp on the tensile testing machine, and a steady increasing pull shall be applied in a direction $(90 \pm 5)^\circ$ to the plane of the base material until the metal foil is peeled off at a rate of (50 ± 5) mm/min, the force to do this being measured. A length of at least 25 mm shall be peeled at this rate from each of four strips.

Should copper foil of nominal mass per unit area less than 305 g/m^2 break during the test or fail to meet the requirements of the relevant specification, a further set of four strips shall be tested from material to which additional copper has been added as described in 8.15.2b to a total mass per unit area not less than 275 g/m^2 , but not more than 335 g/m^2 .

The minimum load per unit width required to peel the metal foil during the test shall be taken as the peel strength. It shall be expressed in newtons per millimetre.

9.15.5 Report

The report shall include:

- a) the test number and revision index;
- b) the testing date;
- c) the identification of the material tested;
- d) a statement certifying that the test has been carried out "after dry heat";
- e) the time during which the specimen was exposed to the dry heat;
- f) the temperature of the heating chamber;
- g) the recovery if not standard;
- h) the measured peel strength;
- i) whether additional copper has been added to the test specimen;
- j) whether there was blistering or delamination after the dry heat;
- k) any deviation from this test method.

9.15.6 Additional information

None

9.16 **Essai 2M16: Force d'adhérence après conditions simulées de revêtement électrolytique**

9.16.1 *Objet*

Déterminer la résistance à l'arrachement dans des conditions spécifiées et après conditions simulées de revêtement électrolytique. Cet essai est pratiqué sur des éprouvettes telles que fabriquées. Cet essai ne s'applique pas aux 25 mm en bordure d'une planche de stratifié telle que fabriquée et livrée par le fournisseur.

9.16.2 *Eprouvettes*

- a) Les éprouvettes sont prélevées sur le panneau ou sur la planche à au moins 25 mm des bords.
- b) L'éprouvette est préparée à partir d'un échantillon du matériau de base plaqué cuivre à essayer et, avant gravure, son épaisseur est normalement celle du matériau. Cependant, dans le cas de matériaux recouverts d'une feuille de cuivre de masse nominale inférieure à 305 g/m^2 , l'épaisseur de la feuille peut être augmentée jusqu'à avoir au plus une masse nominale de 335 g/m^2 , par n'importe quel procédé permettant de déposer du cuivre ductile. Les éprouvettes doivent avoir $(50 \pm 1) \text{ mm}$ de large et au moins 75 mm de long et l'impression conductrice est réalisée par n'importe quelle méthode appropriée de pratique courante selon l'impression d'essai de la **figure 8**.
- c) Le nombre d'éprouvettes utilisées pour un essai doit être suffisant pour obtenir l'arrachement d'au moins 25 mm de chacune des quatre bandes de cuivre.
- d) Les éprouvettes préparées à partir d'échantillons de films de polymère plaqué cuivre peuvent exiger une préparation avant l'essai de la force d'adhérence pour éviter l'arrachement d'une couche d'adhésif du film de base sur une surface plus large que celle de la bande d'essai. Si nécessaire, on peut inciser avec une lame affûtée les bords de chaque bande d'essai des deux côtés, en s'assurant que la couche d'adhésif a bien été traversée, mais avec une force assez faible pour ne pas entailler le film de base.
- e) Les éprouvettes d'épaisseur inférieure à $0,8 \text{ mm}$ doivent être amenées à une rigidité suffisante par une technique appropriée, par exemple en faisant adhérer l'échantillon sur un matériau rigide.

9.16.3 *Appareillage et matériaux*

Pour les essais, les appareillages et matériaux suivants doivent être utilisés:

- a) une machine d'essai de traction permettant une vitesse de pelage de $(50 \pm 5) \text{ mm/min}$;
- b) une pince pour serrer l'extrémité détachée de la feuille sur toute sa largeur;
- c) un équipement à utiliser comme cellule d'électrolyse, comportant:
 - une barre de carbone à utiliser comme anode;
 - un électrolyte: une solution aqueuse de sulfate de sodium bien remuée dont la concentration est de 10 g de sulfate de sodium anhydre (Na_2SO_4) par litre d'eau distillée et dont la température est maintenue à $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

9.16.4 *Marche à suivre*

L'éprouvette constitue la cathode de la cellule d'électrolyse décrite en 8.16.3c. L'éprouvette est maintenue, les bandes étant verticales, de façon que ces bandes soient juste entièrement submergées. Elles sont connectées électriquement par tout moyen approprié et une source de tension continue de $(5 \pm 1) \text{ V}$ est appliquée à la cellule et réglée de telle façon que le courant ait une valeur constante équivalant à environ 215 A/m^2 de la feuille submergée. A l'expiration de $(20 \pm 1) \text{ min}$, l'éprouvette est retirée de la solution, essuyée de façon à enlever l'humidité superficielle et laissée à refroidir à la température ambiante environ $1/2 \text{ h}$.

9.16 Test 2M16: Peel strength after simulated plating

9.16.1 Object

To determine the resistance to peeling under specified conditions and after simulated plating. The test is performed on the sample as manufactured. The test does not apply to the outer 25 mm of the laminated sheet as manufactured and provided by the supplier.

9.16.2 Test specimens

- a) Specimens shall be taken from the panel or sheet in such a way that they are at least 25 mm from the edge.
- b) The test specimen shall be prepared from a sample of the copper-clad base material under test, and before it is etched, its thickness shall normally be that of the material. However, in the case of materials clad with copper foil of nominal mass per unit area less than 305 g/m^2 , the foil mass per unit area may be increased to not more than 335 g/m^2 by any procedure in which ductile copper is deposited. The specimen shall be $(50 \pm 1) \text{ mm}$ wide, and at least 75 mm long, and it shall be printed by any appropriate method in usual practice with the test pattern in **figure 8**.
- c) The number of specimens used for one test shall be sufficient for the peeling of at least 25 mm from each of four strips of copper foil.
- d) Test specimens prepared from samples of copper-clad polymeric films may require further preparation before being tested for peel strength, to avoid the peeling of any adhesive layer from the base film over an area wider than the test strip. If necessary, the base material shall be inscribed with a sharp blade on both sides of each test strip ensuring that any adhesive layer has been severed, but with insufficient force to cut the base film.
- e) Specimens with a thickness less than 0.8 mm shall be built up to sufficient rigidity by a suitable technique for example by sticking the sample to a rigid material.

9.16.3 Test apparatus and materials

The following test apparatus and material shall be used:

- a) a tensile testing machine that achieves a peel rate of $(50 \pm 5) \text{ mm/min}$;
- b) a clamp to grip the detached end of the foil over its entire width;
- c) an equipment to use as an electrolytic cell consisting of:
 - a carbon rod to use as anode;
 - an electrolyte; a well-stirred aqueous solution of sodium sulphate, whose concentration is 10 g anhydrous sodium sulphate (Na_2SO_4) per litre of distilled water, and whose temperature is maintained at $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

9.16.4 Procedure

The specimen shall be made the cathode of the electrolytic cell as described under 8.16.3c. The specimen shall be held with the strips of its test pattern vertical so that they are just fully submerged. They shall be connected electrically by any suitable means and a d.c. voltage of $(5 \pm 1) \text{ V}$ shall be applied to the cell and adjusted so that the current has a steady value equivalent to approximately 215 A/m^2 of the submerged foil. At the end of $(20 \pm 1) \text{ min}$, the test specimen shall be removed from the solution, wiped to remove surface moisture and left about 1/2 h to cool to room temperature.

La recherche d'une non-adhérence de la feuille métallique est effectuée sur l'éprouvette. Si la feuille métallique n'a pas été détachée, l'éprouvette est utilisée pour la mesure de la force d'adhérence après conditions simulées de revêtement électrolytique.

Une extrémité de bande de la feuille métallique est détachée du matériau de base sur une distance d'au moins 10 mm et suffisante pour l'appareillage utilisé. L'extrémité arrachée de la feuille est serrée sur toute sa largeur par les mâchoires de la pince sur la machine d'essai de traction et une force croissant régulièrement est appliquée suivant une direction à $(90 \pm 5)^\circ$ du plan du matériau de base jusqu'à ce que la feuille de métal se détache à une vitesse de (50 ± 5) mm/min, la force pour ce faire étant mesurée. Une longueur d'au moins 25 mm doit être détachée à cette vitesse de chacune des quatre bandes.

Si la feuille de cuivre de masse nominale inférieure à 305 g/m^2 casse durant l'essai ou ne tient pas les exigences de la spécification appropriée, une nouvelle série de quatre bandes doit être essayée en renforçant le cuivre comme décrit en 8.16.2b de façon à avoir une masse totale au moins égale à 275 g/m^2 et au plus égale à 335 g/m^2 .

La force minimale par unité de largeur requise pour arracher la feuille de métal pendant l'essai est considérée comme la force d'adhérence. Elle est exprimée en newtons par millimètre.

9.16.5 *Rapport*

Le rapport doit comporter:

- a) le numéro de l'essai et l'indice de révision;
- b) la date de l'essai;
- c) l'identification du matériau essayé;
- d) un certificat établissant que l'essai a bien été pratiqué après des conditions simulées de revêtement électrolytique;
- e) la force d'adhérence mesurée;
- f) si du cuivre supplémentaire a été ajouté sur l'éprouvette;
- g) s'il y a eu non-adhérence de la feuille après le traitement de conditions simulées de revêtement électrolytique;
- h) tout écart par rapport à la présente méthode d'essai.

9.16.6 *Informations complémentaires*

Pour faire cet essai de traitement électrolytique simulé, on peut utiliser de façon commode un flacon à col large de 600 cm^3 contenant 500 cm^3 du solution et un agitateur en verre. Une résistance variable de 30Ω capable de maintenir 0,2 A et un ampèremètre mesurant 0,2 A permettent de contrôler et de mesurer le courant requis.

The specimen shall be examined for non-adherence of the foil. If the foil has not become detached, it shall be used for the measurement of peel strength after simulated plating.

One end of the strip of the metal foil shall be detached from the base material for a distance of at least 10 mm, and sufficient for the apparatus used. The detached end of the foil shall be gripped over its entire width, in the jaws of the clamp on the tensile testing machine, and a steady increasing pull shall be applied in a direction $(90 \pm 5)^\circ$ to the plane of the base material until the metal foil is peeled off at a rate of (50 ± 5) mm/min, the peel force shall be recorded. A length of at least 25 mm shall be peeled at this rate from each of four strips.

Should copper foil of nominal mass per unit area less than 305 g/m^2 break during the test or fail to meet the requirements of the relevant specification, a further set of four strips shall be tested from material to which additional copper has been added as described in 8.16.2b to a total mass per unit area not less than 275 g/m^2 , but not more than 335 g/m^2 .

The minimum load per unit width required to peel the metal foil during the test shall be taken as the peel strength. It shall be expressed in newtons per millimetre.

9.16.5 Report

The report shall include:

- a) the test number and revision index;
- b) the testing date;
- c) the identification of the material tested;
- d) a statement certifying that the test has been carried out "after simulated plating";
- e) the measured peel strength;
- f) whether additional copper has been added to the test specimen;
- g) whether there was non-adherence of the foil after the simulated plating treatment;
- h) any deviation from this test method.

9.16.6 Additional information

The simulated plating treatment may be carried out conveniently using 500 cm^3 of solution in a 600 cm^3 wide-necked flask, and a glass stirrer. A variable resistance of about 30Ω capable of taking 0,2 A, and an ammeter to measure 0,2 A, will control and measure the current required.

9.17 Essai 2M17: Force d'adhérence à température élevée

9.17.1 Objet

Déterminer la résistance à l'arrachement dans des conditions spécifiées et après exposition à une haute température spécifiée pendant un temps spécifié. Cet essai est pratiqué sur des éprouvettes telles que fabriquées et sans conditionnement. Cet essai ne s'applique pas à la bande de 25 mm de large au bord d'une planche de stratifié telle que fabriquée et livrée par le fournisseur.

9.17.2 Eprouvettes

- a) Les éprouvettes sont prélevées sur le panneau ou sur la planche à au moins 25 mm des bords.
- b) L'éprouvette est préparée à partir d'un échantillon du matériau de base plaqué cuivre à essayer et, avant gravure, son épaisseur est normalement celle du matériau. Cependant, dans le cas de matériaux recouverts d'une feuille de cuivre de masse nominale inférieure à 305 g/m², l'épaisseur de la feuille peut être augmentée jusqu'à avoir au plus une masse nominale de 335 g/m², par n'importe quel procédé permettant de déposer du cuivre ductile. Les éprouvettes doivent avoir (50 ± 1) mm de large et au moins 75 mm de long et l'impression conductrice est réalisée par n'importe quelle méthode appropriée de pratique courante selon l'impression d'essai de la **figure 8**.
- c) Le nombre d'éprouvettes utilisées pour un essai doit être suffisant pour obtenir l'arrachement d'au moins 25 mm de chacune des quatre bandes de cuivre.
- d) Les éprouvettes préparées à partir d'échantillons de films de polymère plaqué cuivre peuvent exiger une préparation avant l'essai de la force d'adhérence pour éviter l'arrachement d'une couche d'adhésif du film de base sur une surface plus large que celle de la bande d'essai. Si nécessaire, on peut inciser avec une lame affûtée les bords de chaque bande d'essai des deux côtés, en s'assurant que la couche d'adhésif a bien été traversée, mais avec une force assez faible pour ne pas entailler le film de base.
- e) Les éprouvettes d'épaisseur inférieure à 0,8 mm doivent être amenées à une rigidité suffisante par une technique appropriée, par exemple en faisant adhérer l'échantillon sur un matériau rigide.

9.17.3 Appareillage et matériaux

Pour les essais, les appareillages et matériaux suivants doivent être utilisés:

- a) une machine d'essai de traction permettant une vitesse de pelage de (50 ± 5) mm/min;
- b) une pince pour serrer l'extrémité détachée de la feuille sur toute sa largeur;
- c) un bain, de silicone bien remué, ou d'un fluide à contact liquide/air équivalent, maintenu à ± 2 °C de la température précisée dans la spécification applicable;
- d) une étuve à circulation d'air maintenue à ± 2 °C de la température donnée dans la spécification applicable. Il convient que la chambre puisse entourer complètement au moins l'éprouvette et les mâchoires de la pince.

9.17.4 Marche à suivre

Une extrémité de la bande de feuille métallique est détachée du matériau de base sur une distance d'au moins 10 mm et suffisante pour l'appareillage utilisé. L'extrémité arrachée de la feuille est serrée sur toute sa largeur par les mâchoires de la pince sur la machine d'essai de traction avant immersion dans le fluide chaud tel que décrit en 8.17.3c. L'éprouvette est maintenue en position horizontale dans le fluide, à une profondeur de (25 ± 2,5) mm, dans un montage de capacité thermique suffisamment faible pour éviter que la température du fluide ne descende au-dessous de la gamme spécifiée. L'éprouvette doit être immergée totalement dans le fluide pendant 2 min au minimum avant l'application d'une force croissant régulièrement suivant une direction à (90 ± 5)° du plan du matériau de base jusqu'à ce que la feuille de métal se détache à une vitesse de (50 ± 5) mm/min, la force d'arrachement doit être enregistrée. Une longueur d'au moins 25 mm doit être détachée à cette vitesse de chacune des quatre bandes.

9.17 Test 2M17: Peel strength at high temperature

9.17.1 Object

To determine the resistance to peeling under specified conditions and at a specified high temperature, after exposure to that specified temperature for a specified time. The test is performed on the sample as manufactured and without conditioning. The test does not apply to the outer 25 mm of the laminated sheet as manufactured and provided by the supplier.

9.17.2 Test specimens

- a) Specimens shall be taken from the panel or sheet in such a way that they are at least 25 mm from the edge.
- b) The test specimen shall be prepared from a sample of the copper-clad base material under test and before it is etched, its thickness shall normally be that of the material. However, in the case of materials clad with copper foil of nominal mass per unit area less than 305 g/m^2 , the foil mass per unit area may be increased to not more than 335 g/m^2 by any procedure in which ductile copper is deposited. The specimen shall be $(50 \pm 1) \text{ mm}$ wide, and at least 75 mm long, and it shall be printed by any appropriate method in usual practice with the test pattern in **figure 8**.
- c) The number of specimens used for one test shall be sufficient for the peeling of at least 25 mm from each of four strips of copper foil.
- d) Test specimens prepared from samples of copper-clad polymeric films may require further preparation before being tested for peel strength, to avoid the peeling of any adhesive layer from the base film over an area wider than the test strip. If necessary, the base material shall be inscribed with a sharp blade on both sides of each test strip, ensuring that any adhesive layer has been severed, but with insufficient force to cut the base film.
- e) Specimens with a thickness less than 0,8 mm shall be built up to sufficient rigidity by a suitable technique for example by sticking the sample to a rigid material.

9.17.3 Test apparatus and materials

The following test apparatus and material shall be used:

- a) a tensile testing machine that achieves a peel rate of $(50 \pm 5) \text{ mm/min}$;
- b) a clamp to grip the detached end of the foil over its entire width;
- c) a bath of well-stirred silicone or equivalent liquid/air media, kept within $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ of the temperature given in the relevant specification;
- d) a circulating air oven maintained within $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ of the temperature given in the relevant specification. As a minimum the chamber should completely surround the test specimen and clamping jaws.

9.17.4 Procedure

One end of the strip of the metal foil shall be detached from the base material for a distance of at least 10 mm, and sufficient for the apparatus used. The detached end of the foil shall be gripped over its entire width, in the jaws of the clamp on the tensile testing machine, before immersion in the hot fluid as described in 8.17.3c. The specimen shall be held in a horizontal position in the fluid, at a depth of $(25 \pm 2,5) \text{ mm}$ in a holder of heat capacity low enough to avoid the temperature of the fluid from falling below the range specified. The specimen shall be totally immersed in the fluid for 2 min minimum before a steady increasing pull shall be applied in a direction $(90 \pm 5)^\circ$ to the plane of the base material until the metal foil is peeled off at a rate of $(50 \pm 5) \text{ mm/min}$, the peel force shall be recorded. A length of at least 25 mm shall be peeled at this rate from each of four strips.

Pour l'essai de la force d'adhérence, on prépare quatre éprouvettes et on utilise seulement un conducteur par éprouvette. Cet essai peut aussi être pratiqué dans une étuve à circulation d'air telle que décrite en 8.17.3d.

Dans ce cas, l'essai est pratiqué après que l'éprouvette a atteint la température requise et doit être terminé dans les 75 min après l'introduction de l'éprouvette et de l'appareillage dans l'étuve.

Si la feuille de cuivre de masse nominale inférieure à 305 g/m^2 casse durant l'essai ou ne tient pas les exigences de la spécification appropriée, une nouvelle série de quatre bandes doit être essayée en renforçant le cuivre comme décrit en 8.17.2b de façon à avoir une masse totale au moins égale à 275 g/m^2 et au plus égale à 335 g/m^2 .

La force minimale par unité de largeur requise pour arracher la feuille de métal pendant l'essai est considérée comme la force d'adhérence. Elle est exprimée en newtons par millimètre.

9.17.5 *Rapport*

Le rapport doit comporter:

- a) le numéro de l'essai et l'indice de révision;
- b) la date de l'essai;
- c) l'identification du matériau essayé;
- d) un certificat établissant que l'essai a été pratiqué «à haute température»;
- e) la température à laquelle l'essai a été pratiqué;
- f) la force d'adhérence mesurée;
- g) si du cuivre supplémentaire a été ajouté sur l'éprouvette;
- h) tout écart par rapport à la présente méthode d'essai.

9.17.6 *Informations complémentaires*

Aucune

For the testing of peel strength four specimens shall be prepared and only one conductor of each specimen shall be tested. This test may alternatively be carried out in a circulating-air oven as described in 8.17.3d.

In that case the test shall be carried out after the specimen has reached the required temperature, and shall be completed within 75 min after the specimen and apparatus have been introduced into the oven.

Should copper foil of nominal mass per unit area g/m^2 break during the test, or fail to meet the requirements of the relevant specification, a further set of four strips shall be tested from material to which additional copper has been added as described in 8.17.2b to a total mass per unit area not less than 275 g/m^2 , but not more than 335 g/m^2 .

The minimum load per unit width required to peel the metal foil during the test shall be taken as the peel strength. It shall be expressed in newtons per millimetre.

9.17.5 Report

The report shall include:

- a) the test number and revision index;
- b) the testing date;
- c) the identification of the material tested;
- d) a statement certifying that the test has been carried out "at high temperature";
- e) the temperature at which the test has been carried out;
- f) the measured peel strength;
- g) whether additional copper has been added to the test specimen;
- h) any deviation from this test method.

9.17.6 Additional information

None

- 9.18 **Essai 2M18: Qualité de surface** (à l'étude)
- 9.19 **Essai 2M19: Poinçonnage** (à l'étude)
- 9.20 **Essai 2M20: Flexion** (à l'étude)
- 9.21 **Essai 2M21: Résistance aux flexions répétées pour stratifiés flexibles** (à l'étude)
- 9.22 **Essai 2M22: Masse de la feuille métallique après collage (gravure)** (à l'étude)
- 9.23 **Essai 2M23: Rectangularité** (à l'étude)
- 9.24 **Essai 2M24: Coefficient de dilatation thermique** (à l'étude)

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61189-2:1997

Withdrawn

- 9.18 **Test 2M18: Surface quality** (under consideration)
- 9.19 **Test 2M19: Punching** (under consideration)
- 9.20 **Test 2M20: Flexural strength** (under consideration)
- 9.21 **Test 2M21: Flexural fatigue for flexible laminates** (under consideration)
- 9.22 **Test 2M22: Weight of foil after lamination (etching)** (under consideration)
- 9.23 **Test 2M23: Squareness** (under consideration)
- 9.24 **Test 2M24: Coefficient of thermal expansion** (under consideration)

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61189-2:1997

Withdrawn

9.25 *Essai 2M25: Essai du décollement interlaminaire dans le temps par analyse thermomécanique (TMA)*

9.25.1 *Objet*

La méthode d'essai du décollement interlaminaire dans le temps par TMA mesure la résistance d'un matériau de base, d'une carte imprimée ou d'une carte imprimée équipée au décollement des couches diélectriques par chauffage isothermique à 260 °C dans une cellule TMA. Le présent essai n'est pas applicable aux interconnexions entre les structures et aux cartes imprimées multicouches rigides avec des refroidisseurs soudés ou des couches métalliques lourdes sans modification de la vitesse de chauffage.

Le présent essai est effectué en appui des essais de chocs thermiques plus communs et plus fréquemment utilisés pour évaluer l'adhérence interlaminaire sous contraintes thermiques.

9.25.2 *Spécimens d'essai*

- Les spécimens doivent être coupés à au moins de 25 mm du bord de la feuille.
- Les spécimens doivent être des carrés ayant pour côtés (6 ± 2) mm au minimum. Des spécimens plus grands peuvent être utilisés à condition qu'ils ne dépassent pas les contraintes de l'équipement. Les spécimens doivent être plats, d'épaisseur uniforme et dépourvus de bavures et de fibres. L'échantillon peut être préparé par sciage ou poinçonnage.
- Lorsque la méthode est utilisée comme arbitrage, un jeu minimum de trois spécimens doit être utilisé. Pour les activités normales d'assurance de la qualité, un spécimen doit être suffisant.

9.25.3 *Appareillage et matériaux d'essai*

L'appareillage et les matériaux d'essai suivants doivent être utilisés:

Un analyseur thermomécanique (TMA) ou dispositif similaire consistant en

- un support de spécimen sur lequel les spécimens sont placés;
- une sonde circulaire plate avec un diamètre de 2 mm à 5 mm. La forme et les dimensions de la sonde doivent être telles que la charge appliquée à la sonde ne doit pas provoquer d'empreinte sur le spécimen. L'espace libre entre la sonde et le spécimen doit être dans les limites de 1 mm;
- des moyens pour détecter les mouvements de la sonde provenant des variations de l'épaisseur du spécimen et pour traduire ces mouvements en signaux adéquats à l'entrée d'un enregistreur ou d'un système de traitement de données. Il convient que l'élément détecteur soit capable de produire un signal électrique de sortie d'au moins 1 mV/ μ m du mouvement de la sonde avec prise de dispositions pour avoir des gammes moins sensibles si nécessaire;
- un moyen pour enregistrer les variations de l'épaisseur du spécimen. Les enregistreurs X-Y ou de graphiques en bande qui ont des sensibilités de 1 μ m de déviation de la sonde par centimètre de déviation du graphique sont acceptables. Les instruments avec traitement numérique et de données exigent un traceur approprié ou un traceur à imprimante;
- un moyen pour chauffer le spécimen et le maintenir thermiquement à 260 °C.

9.25.4 *Marche à suivre*

Normalement, le spécimen peut être préconditionné dans une chambre à circulation d'air à 125 °C pendant un temps désigné dans la spécification appropriée, puis laissé refroidir sous des conditions atmosphériques normales jusqu'à ce que sa température soit inférieure à 35 °C. La durée de reprise ne doit pas dépasser 8 h. Pour les activités normales d'assurance de la qualité, l'échantillon devra être essayé dans l'état où il a été reçu.

9.25 *Test 2M25: Time to delamination by thermomechanical analysis (TMA)*

9.25.1 *Object*

The time to delamination test method by TMA measures the resistance of a base material, printed board or printed board assembly to delaminate between dielectric layers by heating isothermally at 260 °C in a TMA cell. This test is not applicable to rigid multilayer printed boards with bonded heat sinks or heavy metal layers without modification to the heating rate.

This test is performed in support of the more common and more frequently used thermal shock tests to evaluate interlaminar adhesion under thermal stress.

9.25.2 *Test specimens*

- a) Specimens shall be cut not less than 25 mm from the edge of the sheet.
- b) Specimens shall be a square of minimum (6 ± 2) mm. Larger specimens can be used provided they do not exceed equipment constraints. The specimens shall be flat, uniform in thickness, and free from burrs and fibres. The sample may be prepared by sawing or punching.
- c) When used as a referee method, a minimum of three specimens shall be used. As a routine quality assurance activity, one specimen shall be sufficient.

9.25.3 *Test apparatus and material*

The following test apparatus and materials shall be used:

A thermomechanical analyser (TMA) or similar device consisting of

- a) a specimen holder into which the specimens are placed;
- b) a flat, circular probe having a diameter of 2 mm to 5 mm. The shape and size of the probe shall be such that the load applied to the specimen shall not cause indentation of the specimen. The clearance between the probe and the specimen shall be within 1 mm;
- c) means for sensing movement of the probe resulting from changes in thickness of the specimen and for translating these movements into a signal suitable for input to a recorder or data processing system. The sensing element should be capable of producing an electrical output of at least 1 mV/ μ m of the probe movement with provision for less sensitive ranges when needed;
- d) a means for recording changes in the specimen thickness. X-Y or strip chart recorders that have sensitivities of 1 μ m of probe deflection per centimetre of chart deflection are acceptable. Instruments with digital and data processing require an appropriate plotter or printer plotter;
- e) a means for heating the specimen and holding it thermally at 260 °C.

9.25.4 *Procedure*

As a referee, the specimen may be preconditioned in an air circulating chamber at 125 °C for a time designated in the appropriate specification, then allowed to cool down under standard atmospheric conditions until the temperature is below 35 °C. The recovery time shall not exceed 8 h. As a routine quality assurance activity, the sample shall be tested as received.

Le spécimen doit être placé sur le support de spécimen sous la sonde avec le centre de la sonde aussi proche que possible du centre du spécimen avec un dégagement minimum de 1 mm. Le détecteur thermique du spécimen est placé en contact avec le spécimen ou aussi près que possible du spécimen (selon ce qui est recommandé par le fabricant).

Le four doit être conçu pour enfermer le support de spécimen.

Une charge de 2 g doit être utilisée.

Un réglage approprié de sensibilité sur l'enregistreur doit être choisi.

Le spécimen doit être chauffé à la vitesse de chauffage maximale de l'instrument utilisé, sans dépasser 100 °C/min, jusqu'à ce que le spécimen atteigne 260 °C.

Le spécimen doit être maintenu à 260 °C jusqu'à ce que le point final du décollement interlaminaire soit atteint.

Le point final du décollement interlaminaire est une augmentation brusque et irréversible de l'épaisseur du spécimen due au décollement couche par couche.

La durée de décollement interlaminaire à 260 °C est le temps en minutes et en secondes du début du chauffage jusqu'au moment où le décollement interlaminaire se produit en passant par les conditions isothermiques.

9.25.5 *Rapport*

Le rapport doit comprendre:

- a) le numéro d'essai et l'indice de révision;
- b) la date de l'analyse;
- c) l'identification du matériau essayé;
- d) la moyenne des trois spécimens d'essai ou la mesure d'un seul point;
- e) la vitesse réelle utilisée;
- f) tout écart par rapport à la présente méthode d'essai.

9.25.6 *Informations complémentaires*

Le présent essai peut aussi être appliqué aux cartes à âme métallique ou autres structures particulières avec modification de la vitesse de chauffage.

9.26 **Essai 2M26: Fluage gradué des matériaux préimprégnés** (à l'étude)

The specimen shall be placed in the specimen holder under the probe with the centre of the probe as close to the centre of the specimen as possible with a minimum clearance of 1 mm. The specimen temperature sensor shall be placed in contact with the specimen or as near to the specimen as possible (whichever is recommended by the manufacturer).

The specimen holder shall be enclosed in the furnace.

A load of 2 g shall be used.

An appropriate sensitivity setting on the recorder shall be selected.

The specimen shall be heated at the maximum heating rate of the instrument utilized not to exceed 100 °C/min until the specimen reaches 260 °C.

The specimen shall be held at 260 °C until the delamination end point is reached.

The delamination end point is a sudden, irreversible increase in thickness of the specimen due to layer-to-layer delamination.

The time to delamination at 260 °C is the time in minutes and seconds from the beginning of the heat-up, through isothermal conditions up until delamination occurs.

9.25.5 *Report*

The report shall include:

- a) the test number and revision index;
- b) the date of analysis;
- c) the identification of the material tested;
- d) the average of three test specimens or the single-point measurement;
- e) the actual rate utilized;
- f) any deviations from this test method.

9.25.6 *Additional information*

This test can also be applied to metal core boards or other special structures with modification to the heating rate.

9.26 **Test 2M26: Scaled flow of prepregnation** (under consideration)

9.27 **Essai 2M27: Propriétés de fluage des résines utilisées pour les couches de protection, de collage et d'adhésion dans la fabrication des cartes imprimées souples**

9.27.1 *Objet*

Le but du présent document est de fournir des méthodes d'essai de fluage des résines de polyimide ou film polyester (PET) à revêtement adhésif utilisées soit pour les couches de protection, soit pour les couches de collage et d'adhésion appuyées sur ou entre les matériaux utilisés dans la fabrication des cartes imprimées souples.

9.27.2 *Spécimens d'essai*

9.27.2.1 *Méthode de l'arrachement de l'adhésif*

Deux spécimens de dimensions 240 mm × 240 mm doivent être coupés à partir d'un échantillon de matériau en essai. Les spécimens doivent être pris de la feuille d'échantillon de manière à être à plus de 25 mm du bord.

9.27.2.2 *Méthode de remplissage du dégagement avec un adhésif*

Deux spécimens de dimensions 240 mm × 240 mm doivent être coupés à partir d'un échantillon de matériau en essai. Les spécimens doivent être pris de la feuille d'échantillon de manière à être à plus de 25 mm du bord.

9.27.3 *Appareillage d'essai et matériaux*

L'appareillage et les matériaux suivants doivent être utilisés:

- a) un microscope de mesure ou une loupe type projection avec réticule;
- b) une feuille de cuivre d'une épaisseur de 35 μm (305 g/m²) ou 70 μm (610 g/m²), traitée ou non traitée;
- c) un outil de poinçonnage avec un poinçon circulaire de dimensions de 2 mm, 4 mm et 6 mm;
- d) une presse de stratification qui est en conformité avec les conditions des méthodes agréées entre acheteur et fournisseur ou avec les recommandations du fournisseur en ce qui concerne la pression, la température et la durée de pressage;
- e) des matériaux auxiliaires utilisés pour les processus de laminage tels que film polypropylène (épaisseur approximative de 60 μm), film polyéthylène (épaisseur approximative de 100 μm), feuille de papier ou de plastique (épaisseur approximative de 1 mm) pour coussin et plaques de presse;
- f) deux feuilles de plaques de presse en acier inoxydable d'une épaisseur d'au moins 5 mm. Le parallélisme et la rugosité des surfaces doivent aussi être tenus pour produire un spécimen pour essai ayant des tolérances d'épaisseur possibles pour les essais requis;
- g) une feuille de plastique stratifié recouvert de cuivre ayant des dimensions assez grandes pour couvrir le spécimen en essai. L'épaisseur de la feuille de cuivre doit être de 35 μm (305 g/m²) ou 70 μm (610 g/m²) suivant l'exigence. Le film de base du stratifié doit être du même matériau et son épaisseur doit aussi être presque la même que l'échantillon en essai;
- h) un jeu de machine-outils et des produits chimiques à utiliser pour la gravure des impressions indiqués en **figure 10**.

9.27 Test 2M27: The resin flow properties of coverlay films, bonding films and adhesive cast films used in the fabrication of flexible printed boards

9.27.1 Object

The purpose of this document is to provide the test methods for resin flow properties of adhesive coated polyimide, or polyester (PET) films for either coverlay films, or bonding films and adhesive cast films supported on or between release materials used in the fabrication of flexible printed wiring boards.

9.27.2 Test specimen

9.27.2.1 Squeeze-out of adhesive method

From a sample of material under test, two specimens each 240 mm × 240 mm shall be cut. The specimens shall be taken from the sample sheet in such a manner that they are at least 25 mm from the edge.

9.27.2.2 Filling-in clearance with adhesive method

From a sample of film material under test, two specimens each 240 mm × 240 mm shall be cut. The specimens shall be taken from the sample sheet in such a manner that they are at least 25 mm from the edge.

9.27.3 Test apparatus and materials

The following test apparatus and materials shall be used:

- a) a measuring microscope or projection-type magnifier with cross-hair;
- b) copper foil of a thickness of 35 μm (305 g/m²) or 70 μm (610 g/m²), treated or untreated;
- c) a punching tool with circular punch sizes of 2 mm, 4 mm, and 6 mm;
- d) a laminating press which conforms to conditions in accordance with methods agreed upon between purchaser and supplier, or with the supplier's recommendations regarding pressure, temperature and press time;
- e) accessory materials used for lamination processes such as polypropylene film (approximately 60 μm thick), polyethylene film (approximately 100 μm thick), paper or plastic sheet (approximately 1 mm thick) for the cushion and press plates;
- f) two sheets of stainless steel press plates not less than 5 mm thick. Parallelism and roughness of the surfaces shall also be kept to produce a test specimen having thickness tolerances available for the required tests;
- g) a copper-clad laminated plastic sheet large enough to cover the specimen under test. The thickness of copper foil shall be 35 μm (305 g/m²) or 70 μm (610 g/m²) according to the requirement. The base film of the laminate shall be the same material and its thickness shall also be nearly the same as the sample under test;
- h) a set of machine tools and chemicals to be used for etching the patterns shown in **figure 10**.

9.27.4 *Marche à suivre*

9.27.4.1 *Méthode de l'arrachement de l'adhésif*

Le présent essai fournit une mesure de l'arrachement de l'adhésif autour des plages de connexion ou pattes de brasage durant les processus de stratification. Si ce film est un adhésif de coulée, un échantillon du matériau du film en essai doit être appliqué sur un film polyimide convenable. Cet article forme effectivement un film de protection.

Dans les spécimens d'essai avec dégagement d'attachement ou film de protection, 27 trous, neuf de chaque diamètre respectivement, doivent être poinçonnés comme indiqué en **figure 9**.

Après enlèvement du matériau de dégagement ou de protection, le spécimen doit être empilé pour stratification suivant la méthode agréée entre acheteur et fournisseur ou avec les recommandations du fournisseur en ce qui concerne l'empilement, la pression, la température et le temps de pressage. Les feuilles de cuivre d'une épaisseur de 35 μm (305 g/m^2) doivent être utilisées et le côté non traité (brillant) de la feuille de cuivre doit être en face de la couche adhésive du spécimen.

S'il y a discussion relative aux conditions de stratification, il est désirable d'appliquer les procédures normalisées et conditions en 8.27.4.3 de la présente spécification par accord entre acheteur et fournisseur.

Après avoir été enlevé de la presse de stratification et refroidi à la température ambiante pendant environ au moins 10 min, le spécimen doit être mesuré par la longueur maximale de l'arrachement de l'adhésif à partir des circonférences jusqu'aux trous doit être mesurée avec un microscope de mesure ou loupe type projection.

Pour chaque taille de trou, la moyenne des neuf arrachements mesurés doit être calculée.

9.27.4.2 *Méthode de remplissage du dégagement avec un adhésif*

Le présent essai fournit une mesure de la compatibilité des films à revêtement adhésif pour remplir les dégagements ou interstices le long des conducteurs et/ou entre les films en essai et les matériaux de base avec adhésif. Si ce film est une couche adhésive, un échantillon du matériau du film en essai doit être appliqué sur un film polyimide convenable. Cet élément forme effectivement un couche de protection.

9.27.4.2.1 *Procédure d'essai pour couches de protection et films de collage*

Les impressions pour essai indiquées en **figure 10** doivent être produites par gravure sur la surface du cuivre du stratifié.

Après enlèvement du matériau de dégagement ou de protection, le spécimen doit être stratifié suivant 8.27.4.1.

Les vides résiduels le long des lignes conductrices et/ou entre le spécimen et le stratifié de base doivent être contrôlés avec un microscope ou à la loupe.

La feuille de cuivre à stratifier au film à revêtement adhésif en essai doit être une feuille électrolytique d'épaisseur nominale de 35 μm (305 g/m^2).

Le film plastique flexible à revêtement de cuivre à stratifier à l'échantillon en essai doit avoir la même feuille de cuivre que celle indiquée ici et son film de base doit avoir approximativement la même épaisseur que l'échantillon en essai.

D'autres épaisseurs et la construction de la feuille de cuivre et du film à revêtement de cuivre peuvent être utilisées par accord entre acheteur et fournisseur.

9.27.4 Procedure

9.27.4.1 Squeeze-out of adhesive method

This test provides a measure of the squeeze-out of adhesive around the terminal pads or soldering tabs during laminating processes. If this film is an adhesive cast, a sample of film material under test shall be transferred to a suitable polyimide film. This item effectively forms a coverlay film.

Twenty-seven holes, nine of each diameter respectively, shall be punched into the test specimens with attaching release or protective film as shown in **figure 9**.

After removal of release or protective material, the specimen shall be laid up for lamination in accordance with the method agreed upon between purchaser and supplier, or with the supplier's recommendations regarding stack, pressure, temperature and pressing time. Copper foils of a thickness of 35 μm (305 g/m^2) shall be used and the untreated (shiny) side of the copper foil shall face the adhesive layer of the specimen.

In cases of dispute in relation to the laminating conditions, it is desirable to apply the standard procedures and conditions specified in 8.27.4.3 of this specification by agreement between customer and supplier.

After removal from the laminating press and cooling to room temperature for about 10 min at least, the maximum length of squeeze-out of the resin from the circumferences into the holes shall be measured by a measuring microscope or projection-type magnifier.

For each hole size, the average of nine measured squeeze-outs shall be calculated.

9.27.4.2 Filling-in clearance with adhesive method

This test provides a measure of compatibility of adhesive coated films to fill in clearances or gaps along the conductors and/or between the films under test and the base materials with adhesive. If this film is an adhesive cast, a sample of film material under test shall be transferred to a suitable polyimide film. This item effectively forms a coverlay film.

9.27.4.2.1 Test procedure for coverlay and bonding films

The test patterns shown in **figure 10** shall be produced by etching on the copper surface of the laminate.

After removal of release or protective materials, the specimen shall be laminated in accordance with 8.27.4.1.

The residual voids along the conductor lines and/or between the specimen and base laminate shall be inspected using the microscope or magnifier.

Copper foil to be laminated to adhesive coated film under test shall be an electrolytic foil of nominal thickness of 35 μm (305 g/m^2).

Copper-clad flexible plastic film to be laminated to the sample under test shall have the same copper foil stated here and its base film shall have nearly the same thickness as the sample under test.

Other thicknesses and construction of both copper foil and copper-clad film may be used according to agreement between purchaser and supplier.

Les procédures de nettoyage de la surface du cuivre qui est lié à l'échantillon en essai doivent être fournies en 8.27.4.4. D'autres procédures peuvent être utilisées par accord entre acheteur et fournisseur.

9.27.4.3 *Procédure de stratification normalisée*

Lorsqu'une incohérence quelconque des résultats d'essai est considérée comme étant provoquée par les conditions de préparation des spécimens pour essai, les conditions de pressage normales spécifiées dans le présent paragraphe doivent être utilisées.

Les procédures spécifiées dans le présent paragraphe fournissent une méthode normalisée de stratification pour produire des spécimens pour les essais des propriétés des couches de protection polymérisées, des couches de collage et d'adhésion utilisées pour la fabrication des cartes imprimées flexibles.

L'empilement des matériaux entre les plaques de presse pour préparer l'échantillon pour essai est montré en **figure 11**. La surface de la feuille de cuivre doit être en face de la couche adhésive de l'échantillon en essai.

Les profils des paramètres de condition de pressage pour les stratifiés d'essai d'arbitrage sont montrés en **figure 12**.

9.27.4.3.1 *Plaques de presse*

Les plaques de presse doivent avoir une surface suffisante pour produire un stratifié de 250 mm × 250 mm au moins après ébarbage. Le parallélisme des plaques doit aussi être tenu pour produire un spécimen pour essai ayant des tolérances d'épaisseur disponibles pour les essais requis.

9.27.4.3.2 *Presse de stratification*

La température de la presse doit être augmentée à 180 °C en 10 min environ et la température des plaques peut être maintenue dans une plage de ±3 °C des températures de fonctionnement.

La presse doit être capable de maintenir une pression de 6 MPa sur le spécimen et l'écart de pression provoquée par l'écoulement de l'adhésif doit être maintenue à ±10 % des valeurs établies.

9.27.4.4 *Procédures de nettoyage normalisées des surfaces en cuivre*

Lorsqu'une incohérence quelconque des résultats d'essai est considérée comme étant provoquée par une contamination sur les surfaces du cuivre utilisé pour la production du stratifié d'essai, les procédures de nettoyage indiquées dans le **tableau 4** doivent être utilisées.

Cleaning procedures of copper surface which attaches to the sample under test will be provided in 8.27.4.4. Other procedures may be used according to agreement between purchaser and supplier.

9.27.4.3 *Standard lamination procedure*

When any inconsistency of test results is considered to be caused by the conditions for the preparation of test specimens, the referee pressing conditions specified in this subclause shall be used.

The procedures specified herein provide a standard method of lamination to produce the specimens for the tests of properties of cured coverlay films, bonding films or adhesive cast films used for the fabrication of flexible printed wiring boards.

The stack of materials between the press plates to prepare the test specimen is shown in **figure 11**. The surface of copper foil shall face the adhesive layer of the sample under test.

The profiles of parameters of press condition for the referee test laminates are shown in **figure 12**.

9.27.4.3.1 *Press plates*

The press plates shall have enough area to produce a laminate of at least 250 mm × 250 mm after trimming. Parallelism of the plates shall be kept to produce a test specimen having tolerances of thickness available for the required tests.

9.27.4.3.2 *Laminating press*

The temperature of the press shall be raised to 180 °C within nearly 10 min and the temperature of the plates can be maintained within ± 3 °C of working temperature.

The press shall be capable of maintaining a pressure of 6 MPa on the specimen and the deviation of pressure caused by flowing of adhesive shall be kept within ± 10 % of set values.

9.27.4.4 *Standard cleaning procedures of copper surfaces*

When any inconsistency of test results is considered to be caused by any contamination on the copper surfaces used for the production of test laminate, the cleaning procedures stated in **table 4** shall be used.

Tableau 4 – Procédures de nettoyage

Etape	Procédé	Produit chimiques	Température	Temps
1	Trempage	Acide chlorhydrique (1 020 ± 10) kg/m ³	Température ambiante	120 ± 5
2	Rinçage	Eau courante propre	Température ambiante	120 ⁺⁶⁰ ₀
3	Trempage	Solution de persulfate d'ammoniaque (20 ± 0,5) %	Température ambiante	120 ± 5
4	Rinçage	Eau courante propre	Température ambiante	120 ⁺⁶⁰ ₀
5	Trempage	Acide sulfurique (1 080 ± 10) kg/m ³	Température ambiante	60 ± 5
6	Rinçage	Eau courante propre	Température ambiante	120 ⁺⁶⁰ ₀
7	Rinçage (trois fois)	Eau désionisée renouvelée chaque fois	Température ambiante	240 ± 60 (chaque étape)
8	Séchage	Essuyer l'eau ou sécher à l'air	Température ambiante	180 ± 60
9	Trempage	Alcool éthylique	Température ambiante	60 ± 5
10	Séchage	Four à air chaud	(80 ± 2) °C	300 ± 60
11	La stratification doit être effectuée dans les limites des 30 min après séchage.			

9.27.5 Rapport

Le rapport doit comprendre:

- le numéro de l'essai et l'indice de révision;
- la date de l'essai;
- l'identification du matériau essayé;
- la méthode d'essai utilisée;
- la moyenne des neuf valeurs d'arrachement mesurées pour chaque dimension de trou, donnée en millimètres;
- les détails des conditions de presse;
- les numéros et les emplacements détaillés des manques et/ou inclusions sur les zones effectives du spécimen d'essai.

Table 4 – Cleaning procedures

Step	Process	Chemicals	Temperature	Time s
1	Dip	Hydrochloric acid (1 020 ± 10) kg/m ³	Room temperature	120 ± 5
2	Rinse	Clean running water	Room temperature	120 ⁺⁶⁰ ₀
3	Dip	Ammonium persulphate (20 ± 0,5) %	Room temperature	120 ± 5
4	Rinse	Clean running water	Room temperature	120 ⁺⁶⁰ ₀
5	Dip	Sulphuric acid (1 080 ± 10) kg/m ³	Room temperature	60 ± 5
6	Rinse	Clean running water	Room temperature	120 ⁺⁶⁰ ₀
7	Rinse (3 times)	Deionized water Use fresh each time	Room temperature	240 ± 60 (each step)
8	Dry	Wipe water off or dry in air	Room temperature	180 ± 60
9	Dip	Ethylalcohol	Room temperature	60 ± 5
10	Dry	Hot air oven	(80 ± 2) °C	300 ± 60
11	Lamination shall be performed within 30 min after drying.			

9.27.5 Report

The report shall include:

- the test number and revision index;
- the test date;
- the identification of the material tested;
- the test method used;
- the average of nine measured squeeze-out values for each hole size given in millimetres;
- the details of press conditions;
- the numbers and detailed locations of voids and/or inclusions on the effective areas of the test specimen.

10 E: Méthodes d'essais électriques

10.1 Essai 2E01: Cheminement superficiel, condition d'humidité (à l'étude)

10.2 Essai 2E02: Rigidité électrique aux fréquences industrielles (à l'étude)

10.3 Essai 2E03: Résistance superficielle après l'essai continu de chaleur humide
(à l'étude)

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61189-2:1997

Withdrawn

10 E: Electrical test methods

10.1 Test 2E01: Surface tracking, moisture condition (under consideration)

10.2 Test 2E02: Electrical strength at pwr (under consideration)

10.3 Test 2E03: Surface resistance, damp heat, steady state (under consideration)

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61189-2:1997

Withdrawn

10.4 Essai 2E04: Résistivité transversale et résistivité superficielle

10.4.1 Objet

Les présentes méthodes d'essai sont conçues pour déterminer à la fois la résistivité transversale et la résistivité superficielle des matériaux de base, sous des conditions atmosphériques normales, après l'essai de chaleur humide et reprise, et l'essai à température élevée. Les présentes méthodes ne sont pas applicables aux stratifiés non recouverts avec une épaisseur de matériau de base égale ou inférieure à 50 mm.

10.4.2 Spécimen d'essai

- a) Les stratifiés recouverts d'une feuille avec une épaisseur de matériau de base de 0,50 mm ou inférieure doivent utiliser une impression d'anneau et de disque dans chacun des trois spécimens de 50 mm × 50 mm.
- b) Les stratifiés avec une épaisseur de matériau de base de 0,50 mm ou supérieure doivent utiliser trois spécimens de 100 mm × 100 mm. Un jeu de trois spécimens doit être préparé séparément pour chaque condition d'essai à haute humidité et à température élevée.

10.4.2.1 Electrodes

Les dimensions de l'électrode pour essais représentées en **figure 3** avec les dimensions indiquées dans le **tableau 2** doivent être produites par photogravure, ou par broyage/pulvérisation de peinture d'argent conductrice utilisant un masque convenablement dimensionné.

Le nettoyage des spécimens après gravure est obligatoire.

10.4.2.2 Epaisseur

L'épaisseur t du spécimen doit être déterminée en mesurant avec un micromètre dans au moins trois endroits en dehors de la zone des électrodes d'essai avec une précision de $\pm 0,0025$ mm. La moyenne de ces mesures doit être arrondie au multiple de 0,0025 mm le plus proche pour les stratifiés d'épaisseur inférieure à 0,50 mm, et au multiple de 0,025 mm le plus proche pour les stratifiés d'épaisseur égale et supérieure à 0,50 mm. Cette moyenne doit être utilisée pour le calcul de la résistivité transversale.

10.4.3 Appareillage d'essai et matériaux

10.4.3.1 Chambres de conditionnement

Les chambres d'essai suivantes doivent être utilisées:

- a) une chambre d'essai maintenue à une combinaison de $(40 \pm 1) ^\circ\text{C}$ et $(93 \pm \frac{2}{3}) \%$ d'humidité relative;
- b) une chambre d'essai maintenue à une température de $80 ^\circ\text{C}$ à $220 ^\circ\text{C}$ dans les limites d'une tolérance de $\pm 2 ^\circ\text{C}$.

Toutes les chambres d'essai doivent être équipées avec un système de câbles coaxiaux conçu pour protéger les mesures des résistivités transversales ou superficielles des interférences parasites. Lorsque les mesures sont effectuées à la chaleur humide pendant que les spécimens sont encore dans la chambre d'humidité ou à température élevée, trois câbles séparés doivent être fournis à chaque spécimen en cours de conditionnement. Les extrémités opposées des câbles doivent être amenées à l'extérieur de la chambre et disposées à un endroit convenable pour un raccordement à l'instrument de mesure.

En conditionnement, les spécimens sont fixés parallèlement au flux d'air à travers la chambre durant la période de conditionnement.

10.4 Test 2E04: Volume resistivity and surface resistivity

10.4.1 Object

These test methods are designed to determine both volume and surface resistivity of base materials under standard atmospheric conditions for measurements and tests, after damp heat and recovery and at elevated temperature. These methods are not applicable to unclad laminates with a base thickness of 0,50 mm or thinner.

10.4.2 Test specimen

- a) Foil clad laminates with a base thickness of 0,50 mm or less shall utilize a ring and disk pattern in each of three specimens 50 mm × 50 mm.
- b) Laminates with a base thickness of 0,50 mm or greater shall utilize three specimens 100 mm × 100 mm. A set of three specimens shall be prepared separately for each test condition of high humidity and elevated temperature.

10.4.2.1 Electrodes

Test patterns shown in **figure 3** with dimensions shown in **table 2** shall be generated by either photo-etching, or by brushing/spraying with conductive silver paint using a suitable dimensioned mask.

Cleaning of specimens after etching is mandatory.

10.4.2.2 Thickness

The thickness t of the specimen shall be determined by measuring with a micrometer in at least three places outside the test electrodes area to an accuracy of $\pm 0,0025$ mm. The average of these measurements shall be rounded off to the nearest 0,0025 mm for laminate less than 0,50 mm, and to the nearest 0,025 mm for laminate 0,50 mm and thicker. This average shall be used for the calculation of volume resistivity.

10.4.3 Test apparatus and materials

10.4.3.1 Conditioning chambers

The following test chambers shall be used:

- a) a test chamber capable of maintaining a combination of $(40 \pm 1) ^\circ\text{C}$ and $(93 \pm \frac{2}{3})$ % relative humidity;
- b) a test chamber capable of maintaining a temperature of $80 ^\circ\text{C}$ to $220 ^\circ\text{C}$ within a tolerance of $\pm 2 ^\circ\text{C}$.

All test chambers shall be fitted with a coaxial cable system designed to shield the measurement of volume or surface resistivities from stray interferences. When measuring at damp heat while in humidity chamber or at elevated temperature, three separate cables shall be provided to each specimen being conditioned. The opposite ends of the cables shall be brought outside the chamber and terminated at a convenient location for connection to the measuring instrument.

When conditioning specimens, support specimens parallel to the air flow through the chamber during the conditioning period.

10.4.3.2 *Micromètre*

Un micromètre manuel d'une résolution égale ou meilleure que 0,0025 mm doit être utilisé.

10.4.3.3 *Dispositif de mesure de la résistance*

Un dispositif avec une précision de $\pm 5 \%$ pour toute la gamme d'essai doit être utilisé. L'équipement doit être capable d'appliquer au spécimen d'essai une tension continue de 500 V et d'abriter le système de câbles blindés décrit en 7.4.3.1.

10.4.3.4 *Autre équipement*

Les matériaux suivants doivent aussi être utilisés:

- a) une peinture d'argent conductrice ayant une résistivité transversale de $10^{-10} \text{ M}\Omega \times \text{m}$ ou moins lorsqu'elle a été polymérisée;
- b) des pinceaux pour peinture ou un pulvérisateur pour utilisation sur électrodes;
- c) des masques de pulvérisation adaptés pour produire l'électrode de dessous sur les stratifiés recouverts d'un seul côté (voir D_3 en **figure 3**).

10.4.4 *Marche à suivre*

10.4.4.1 *Conditionnement*

10.4.4.1.1 *Préconditionnement*

Les spécimens doivent être préconditionnés pendant $(96 \pm 2) \text{ h}$ à $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ et $(65 \pm 5) \%$ d'humidité relative. Ce preconditionnement peut être exprimé par la formule «C-96/20/65».

10.4.4.1.2 *Chaleur humide*

Les spécimens doivent être préconditionnés pendant $(96 \pm 2) \text{ h}$ à $(40 \pm 1) ^\circ\text{C}$ et $(93 \pm 3) \%$ d'humidité relative. Ce conditionnement peut être exprimé par la formule «C-96/40/93».

10.4.4.1.3 *Reprise*

Conditionner les spécimens pendant $(90 \pm 15) \text{ min}$ à $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ et $(75 \pm 2) \%$ d'humidité relative pour reprise. Ce conditionnement peut être exprimé par la formule «C-1,5/23/75».

10.4.4.1.4 *Température élevée*

Les spécimens doivent être préconditionnés à une température élevée, c'est-à-dire $(100 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(125 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(170 \pm 2) ^\circ\text{C}$, ou $(200 \pm 2) ^\circ\text{C}$, spécifiée dans la spécification applicable pour 1 h. Ce conditionnement peut être exprimé par la formule «E-1/100, E-1/125, E-1/170 ou E-1/200» respectivement.

10.4.4.2 *Méthode d'essai 1: Mesurage après chaleur humide et reprise*

Les mesures de la résistivité transversale et/ou de la résistivité superficielle doivent être effectuées à la température ambiante après le preconditionnement et la reprise comme spécifié en 7.4.4.1.2 et 7.4.4.1.3 respectivement.

Ces mesures doivent commencer dans les limites de la tolérance temporelle de 0 h à 2 h et terminées en un temps inférieur à 3 h.

La détermination de la résistivité transversale et/ou de la résistivité superficielle doit être effectuée lorsqu'une tension continue de 500 V a été appliquée aux spécimens pendant $(60 \pm 5) \text{ s}$.

10.4.3.2 *Micrometer*

A hand micrometer, capable of resolving to 0,0025 mm or better shall be used.

10.4.3.3 *Resistance measuring device*

A device with an accuracy of $\pm 5\%$ throughout the test range shall be used. The equipment shall have the capability of applying 500 V d.c. to the test specimen and be capable of accommodating the shielded cable system described in 7.4.3.1.

10.4.3.4 *Other equipment*

The following other materials shall be used:

- a) conductive silver paint having a volume resistivity of 10^{-10} M Ω .m or less when cured;
- b) hand brushes for painting or air brush for spraying on electrodes;
- c) suitable spray masks for producing the back electrode on single-sided clad laminates, (D_3 in **figure 3**).

10.4.4 *Procedure*

10.4.4.1 *Conditioning*

10.4.4.1.1 *Preconditioning*

Specimens shall be preconditioned for $(96 \pm \frac{2}{0})$ h at $(20 \pm \frac{5}{0})$ °C and $(65 \pm 5)\%$ relative humidity. This preconditioning may be expressed as "C-96/20/65".

10.4.4.1.2 *Damp heat*

Specimens shall be preconditioned for $(96 \pm \frac{2}{0})$ h at (40 ± 1) °C and $(93 \pm \frac{2}{3})\%$ relative humidity. This conditioning may be expressed as "C-96/40/93".

10.4.4.1.3 *Recovery*

Specimens shall be preconditioned for (90 ± 15) min at (23 ± 5) °C and $(75 \pm 2)\%$ relative humidity for recovery. This conditioning may be expressed as "C-1,5/23/75".

10.4.4.1.4 *Elevated temperature*

Specimens shall be conditioned at an elevated temperature i.e. (100 ± 2) °C, (125 ± 2) °C, (170 ± 2) °C or (200 ± 2) °C specified in the relevant specification for 1 h. This conditioning may be expressed as "E-1/100, E-1/125, E-1/170 or E-1/200" respectively.

10.4.4.2 *Test method 1: Measuring after damp heat and recovery*

Measurements of volume resistivity and/or surface resistivity shall be made at room temperature after damp heat and recovery, as specified in 7.4.4.1.2 and 7.4.4.1.3, respectively.

These measurements shall commence within the time tolerance of 0 h to 2 h and completed within 3 h.

Determination of volume resistivity or surface resistivity shall be made when 500 V d.c. has been applied to the specimens for $(60 \pm \frac{5}{0})$ s.

La résistivité transversale doit être mesurée par raccordement du dispositif de mesure de la résistance aux électrodes des spécimens à travers un système de câbles blindés décrit en 7.4.3.1. Raccorder selon le schéma en **figure 4**.

La résistivité superficielle des mêmes spécimens doit être mesurée en interchangeant les câbles d'essai reliant l'électrode solide de dessous et l'anneau extérieur de la disposition en **figure 4** à la disposition en **figure 5**.

10.4.4.3 *Méthode d'essai 2: Mesurage après chaleur humide pendant que les spécimens sont dans la chambre humide*

Les mesures de la résistivité transversale et/ou de la résistivité superficielle doivent être effectuées avec les spécimens à l'intérieur de la chambre d'humidité spécifiée en 7.4.4.1.2. La procédure d'essai ultérieure et ses notes sont exactement les mêmes que celles en 7.4.4.2.

10.4.4.4 *Méthode d'essai 3: Mesurage à température élevée*

Les mesures de la résistivité transversale et/ou de la résistivité superficielle doivent être effectuées avec les spécimens à l'intérieur de la chambre d'humidité spécifiée en 7.4.4.1.4. La procédure d'essai ultérieure et ses notes sont exactement les mêmes que celles en 7.4.4.2.

10.4.4.5 *Calculs*

Calcul de la résistivité transversale:

$$\rho_v = \frac{\pi (D_1 + D_2)^2}{16 t} \times R_v \quad (1)$$

où

ρ_v est la résistivité transversale en mégohms mètres ($M\Omega.m$);

D_1 est le diamètre du cercle intérieur de l'électrode de surface en centimètres (cm);

D_2 est le diamètre intérieur de l'électrode anneau extérieure en centimètres (cm);

t est l'épaisseur moyenne du spécimen en centimètres (cm), épaisseur de la couche de feuille métallique et/ou peinture d'argent conductrice exclue;

R_v est la résistivité transversale mesurée en mégohms ($M\Omega$);

π est la constante du cercle, arrondie à 3,1416.

Calcul de la résistivité superficielle:

$$\rho_s = \frac{P}{W_1} \times R_s \quad (2)$$

où

ρ_s est la résistivité superficielle en mégohms ($M\Omega$);

R_s est la résistivité superficielle mesurée en mégohms ($M\Omega$);

W_1 est la largeur de l'interstice d'essai en centimètres (cm);

P est le périmètre effectif de l'électrode de garde en centimètres (cm).

$$P_v = \frac{\pi (D_1 + D_2)}{2} \quad (3)$$

où

D_1 est le diamètre du cercle intérieur de l'électrode de surface en centimètres (cm);

D_2 est le diamètre intérieur de l'électrode anneau extérieure en centimètres (cm);

P est le périmètre effectif de l'électrode de garde en centimètres (cm);

π est la constante du cercle, arrondie à 3,1416.

Volume resistivity shall be measured by connecting the resistance measuring device to the specimen electrodes through the shielded cable system described in 7.4.3.1. Connect as shown in **figure 4**.

The surface resistance of the same specimens shall be measured by interchanging the test cables connecting the solid back electrode and the outer ring to the instrument from the arrangement shown in **figure 4** to the arrangement shown in **figure 5**.

10.4.4.3 Test method 2: Measuring after damp heat while in the humidity chamber

Measurements of volume resistivity and/or surface resistivity shall be made with specimens inside the humidity chamber as specified in 7.4.4.1.2. The subsequent test procedure and its notes are just the same as for 7.4.4.2.

10.4.4.4 Test method 3: Measuring at elevated temperature

Measurements of volume resistivity and/or surface resistivity shall be made with specimens inside the conditioning chamber as specified in 7.4.4.1.4. The subsequent test procedure and its notes are just the same as for 7.4.4.2.

10.4.4.5 Calculations

Calculation of volume resistivity:

$$\rho_v = \frac{\pi (D_1 + D_2)^2}{16t} \times R_v \quad (1)$$

where

ρ_v is the volume resistivity in megohm metres (M Ω ·m);

D_1 is the inner circle diameter of surface electrode in centimetres (cm);

D_2 is the inside diameter of outside ring electrode in centimetres (cm);

t is the average thickness of specimen in centimetres (cm) excluding metal foil and/or conductive silver paint layer thickness (cm);

R_v is the measured volume resistivity in megohm (M Ω);

π is the circular constant rounded to 3,1416.

Calculation of surface resistance:

$$\rho_s = \frac{P}{W_1} \times R_s \quad (2)$$

where

ρ_s is the surface resistivity in megohms (M Ω);

R_s is the measured surface resistivity in megohms (M Ω);

W_1 is the width of the test gap in centimetres (cm);

P is the effective perimeter of the guarded electrode in centimetres (cm).

$$P_v = \frac{\pi (D_1 + D_2)}{2} \quad (3)$$

where

D_1 is the inner circle diameter of surface electrode in centimetres (cm);

D_2 is the inside diameter of outside ring electrode in centimetres (cm);

P is the effective perimeter of the guarded electrode in centimetres (cm);

π is the circular constant, rounded to 3,1416.

π est la constante du cercle, arrondie à 3,1416

π is the circular constant rounded to 3,1416

- 10.5 **Essai 2E05: Permittivité et facteur de dissipation diélectrique** (à l'étude)
- 10.6 **Essai 2E06: Résistivité transversale et superficielle, 3 électrodes** (à l'étude)
- 10.7 **Essai 2E07: Résistance superficielle et résistivité transversale à haute température** (à l'étude)
- 10.8 **Essai 2E08: Corrosion de surface** (à l'étude)
- 10.9 **Essai 2E09: Indice de résistance au cheminement** (à l'étude)
- 10.10 **Essai 2E10: Permittivité et facteur de dissipation** (à l'étude)
- 10.11 **Essai 2E11: Rigidité électrique** (à l'étude)
- 10.12 **Essai 2E12: Résistance de la feuille** (à l'étude)
- 10.13 **Essai 2E13: Corrosion du bord** (à l'étude)

- 10.5 **Test 2E05: Permittivity and dielectric dissipation** (under consideration)
- 10.6 **Test 2E06: Volume and surface resistivity, 3 electrodes** (under consideration)
- 10.7 **Test 2E07: Surface and volume resistivity, elevated temperature**
(under consideration)
- 10.8 **Test 2E08: Surface corrosion** (under consideration)
- 10.9 **Test 2E09: Comparative tracking index** (under consideration)
- 10.10 **Test 2E10: Permittivity and dissipation factor** (under consideration)
- 10.11 **Test 2E11: Electric strength** (under consideration)
- 10.12 **Test 2E12: Resistance of foil** (under consideration)
- 10.13 **Test 2E13: Corrosion at edge** (under consideration)

Withd 2020
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61189-2:1997

10.14 Essai 2E14: Résistance aux amorçages

10.14.1 Objet

La présente méthode décrit une technique pour évaluer l'aptitude d'un matériau à résister au cheminement lorsqu'il est soumis à un amorçage à faible courant et à haute tension juste au-dessus de la surface du matériau isolant. Elle peut être utilisée sur des matériaux de différentes épaisseurs par empilement de ces matériaux.

10.14.2 Spécimens d'essai

- a) Trois spécimens d'essai (50 ± 5) mm $\times$ (50 ± 5) mm $\times$ épaisseur avec un revêtement en cuivre totalement enlevé par toute méthode commercialement acceptée et la surface complètement nettoyée avant le conditionnement ou l'essai.
- b) Les matériaux d'épaisseur inférieure à 1,6 mm doivent être entassés pour fournir un spécimen d'épaisseur au moins égale à 1,6 mm, mais ne dépassant pas 3,2 mm. Pour des stratifiés très minces, un morceau de 1,5 mm du même type de matériau peut être utilisé sous le spécimen soumis à l'amorçage, permettant une diminution du matériau requis sans affecter les résultats de l'essai d'une manière sensible.

10.14.3 Appareillage d'essai et matériaux

L'appareillage d'essai et les matériaux suivants doivent être utilisés:

- a) un testeur d'amorçage conforme au circuit électrique représenté en **figure 6**;
- b) un support de spécimen;
- c) un sous-ensemble d'électrodes en alliage d'acier au tungstène, illustré en **figure 7**;
- d) du propane 2-OL (alcool isopropyle);
- e) une toile douce;
- f) des calibres pour vérifier les écartements de 6,3 mm et 6,4 mm des électrodes;
- g) un bain d'eau maintenu à une température de (50 ± 5) °C.

10.14.4 Marche à suivre

- a) Les spécimens doivent être placés dans un bain d'eau déionisée maintenue à (50 ± 2) °C pendant (48 ± 2) h.
- b) Les spécimens doivent être enlevés de ce bain d'eau chauffée et placés dans l'eau déionisée à la température ambiante pendant 30 minutes au minimum, 4 h au maximum, pour permettre aux spécimens d'atteindre la température ambiante sans perte d'humidité.
- c) Le groupe d'électrodes doit être nettoyé en utilisant de l'alcool et, si nécessaire, une toile d'émeri suffisamment peu abrasive pour ne pas endommager les électrodes; ajuster l'écartement des électrodes à $(6,35 \pm 0,05)$ mm lorsque elles reposent sur un spécimen.
- d) Un spécimen doit être enlevé de l'eau déionisée et séché avec une serviette en papier non ouaté.
- e) Un spécimen doit être placé sur le support, sous les électrodes. Elever l'installation jusqu'à ce que les électrodes reposent sur la surface de l'échantillon.
- f) La porte de la chambre d'essai doit être fermée et l'unité de résistance aux amorçages mise en marche. La tension doit être de 12 500 volts alternatifs.
- g) Le minuteur doit être remis à zéro et l'essai automatique commencé. Le minutage de l'amorçage est indiqué dans le **tableau 3**.
- h) L'amorçage doit être observé soigneusement. Lorsque l'arc disparaît et le cheminement survient, l'opérateur doit enlever la tension appliquée et enregistrer le temps du minuteur à la seconde près.

10.14 **Test 2E14: Arc resistance**

10.14.1 *Object*

This method describes a technique for evaluating the ability of a material to resist tracking when subjected to a high-voltage low-current arc just above the surface of the insulating material. It can be used to assess materials of various thicknesses by stacking materials.

10.14.2 *Test specimens*

- a) Three test specimens (50 ± 5) mm $\times$ (50 ± 5) mm $\times$ thickness with the copper cladding totally removed by any commercially accepted method, and the surface thoroughly cleaned prior to conditioning or testing.
- b) Material under 1,6 mm in thickness shall be built up to provide a specimen at least 1,6 mm in thickness, but not exceeding 3,2 mm. For very thin laminates a 1,5 mm piece of the same type of material may be used under the actual specimen subjected to the arc, permitting a reduction of the material thickness required without significantly affecting the test results.

10.14.3 *Test apparatus and materials*

The following test apparatus and materials shall be used:

- a) an arc tester that conforms to electrical circuit as shown in **figure 6**;
- b) a specimen holder;
- c) a tungsten steel electrodes assembly shown in **figure 7**;
- d) a propan 2-OL (isopropyl alcohol);
- e) a mildly abrasive cloth;
- f) gauge blocks for checking 6,3 mm and 6,4 mm electrode spacings;
- g) a water bath capable of maintaining at (50 ± 5) °C.

10.14.4 *Procedure*

- a) Specimens shall be placed in a deionized water bath maintained at (50 ± 2) °C for (48^{+2}_0) h.
- b) The specimens shall be removed from this heated water bath and place them in deionized water at room temperature for 30 min minimum, 4 h maximum, to allow the specimens to reach ambient temperature without loss of moisture.
- c) The electrode assembly shall be cleaned using alcohol and an abrasive cloth with light enough abrasive as not to harm the electrodes, if necessary, and adjust the electrode gap to $(6,35 \pm 0,05)$ mm when the electrodes are resting on a specimen.
- d) A specimen shall be removed from the deionized water and dried with a lint-free paper towel.
- e) A specimen shall be placed in the holder and under the electrodes. Raise the fixture until the electrodes rest on the surface of the specimen.
- f) The door to the test chamber shall be closed and the arc resistance unit turned on. The voltage shall be 12 500 volts a.c.
- g) The timer shall be reset and the automatic test begun. The timing of the arc is shown in **table 3**.
- h) The arc must be observed carefully. When the arc disappears and tracking occurs, the operator must remove the applied voltage and record the elapsed time to the nearest second.

- i) Le spécimen doit être enlevé; les électrodes doivent être enlevées et nettoyées avec une étoffe et un solvant tel que l'alcool isopropyle (propane 2-OL).
- j) Les électrodes doivent être remplacées, leur écartement revérifié pour s'assurer qu'il est encore dans les limites de la tolérance et l'essai doit être répété sans échantillon pendant 60 s à 10 mA.
- k) Répéter les étapes ci-dessus (a à j) pour les spécimens restants.
- l) La moyenne des valeurs de la résistance aux amorçages des spécimens essayés doit être calculée et arrondie à la seconde près.

Tableau 3 – Résistance aux amorçages

Temps s	Temps marche/arrêt s	Intensité mA
0-60	0,25/1,75	10
60-120	0,25/0,75	10
120-180	0,25/0,25	10
> 180	Continu	10

10.14.5 Rapport

Le rapport doit comprendre:

- a) le numéro de l'essai et l'indice de révision;
- b) la date de l'essai;
- c) l'identification des matériaux essayés;
- d) la valeur moyenne de la résistance aux amorçages en secondes;
- e) la température ambiante et l'humidité relative au moment de l'essai;
- f) la préparation du spécimen (par exemple, individuel, nombre de feuilles accumulées, ou avec écarteur);
- g) tout écart par rapport à la présente méthode d'essai.

10.14.6 Renseignements supplémentaires

Les résultats des essais aux amorçages peuvent être affectés d'une manière significative par la contamination des électrodes. Toute irrégularité de l'amorçage au début de l'essai peut être une indication de cette contamination. Si cela se produit, il convient d'arrêter l'essai, de nettoyer les électrodes et d'essayer un nouveau spécimen (ou l'essai pourrait se dérouler dans une zone différente du même spécimen).

Au début des étapes, un amorçage interrompu est utilisé pour obtenir une condition moins sévère que l'amorçage continu. Un courant inférieur à 10 mA produit un amorçage instable (flamboiemment).

- i) The specimen shall be removed. The electrodes shall be removed and cleaned by wiping them with a tissue and a solvent, such as isopropyl alcohol (propane 2-OL).
- j) The electrode shall be replaced, the electrode gap rechecked to assure that it is still within tolerance, and the test shall be repeated without a sample for 60 s at 10 mA.
- k) The above steps (a-j) shall be repeated for the remaining specimens.
- l) The arc resistance values of the specimens tested shall be averaged and rounded off to the nearest second.

Table 3 – Arc resistance

Time s	On/Off time s	Amperage mA
0-60	0,25/1,75	10
60-120	0,25/0,75	10
120-180	0,25/0,25	10
> 180	Continuous	10

10.14.5 Report

The report shall include the following:

- a) test number and revision index;
- b) the date of the test;
- c) identification of materials tested;
- d) average value of the arc resistance in seconds;
- e) ambient temperature and the relative humidity at the time of the test;
- f) specimen preparation (e.g. individual, number of layers built up, or with a spacer);
- g) any deviation from this test method.

10.14.6 Additional information

The results of arc tests may be significantly affected by contamination of the electrodes. Any irregularity of the arc in the early portion of the test may be an indication of contamination. If this occurs, the test should be stopped, the electrodes cleaned and a fresh specimen should be tested (or the test may be run in a different area of the same specimen).

In the earlier steps, an interrupted arc is used to obtain a less severe condition than the continuous arc. A current of less than 10 mA produces an unsteady (flaring) arc.

10.15 **Essai 2E15: Claquage diélectrique** (à l'étude)

10.16 **Essai 2E16: Résistance de contact des cartes imprimées avec détrompeur**
(à l'étude)

11 N: Méthodes d'essais relatives à l'environnement

11.1 **Essai 2N01: Essai de l'autoclave ménager** (à l'étude)

11.2 **Essai 2N02: Absorption d'eau** (à l'étude)

12 X: Méthodes d'essais divers

12.1 **Essai 2X02: Stabilité dimensionnelle, stratifiés minces** (à l'étude)

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61189-2:1997

10.15 **Test 2E15: Dielectric break-down** (under consideration)

10.16 **Test 2E16: Contact resistance of printed circuit keypad cont** (under consideration)

11 N: Environmental test methods

11.1 **Test 2N01: Pressure cooker test** (under consideration)

11.2 **Test 2N02: Water absorption** (under consideration)

12 X: Miscellaneous test methods

12.1 **Test 2X02: Dimensional stability, thin laminates** (under consideration)

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61189-2:1997

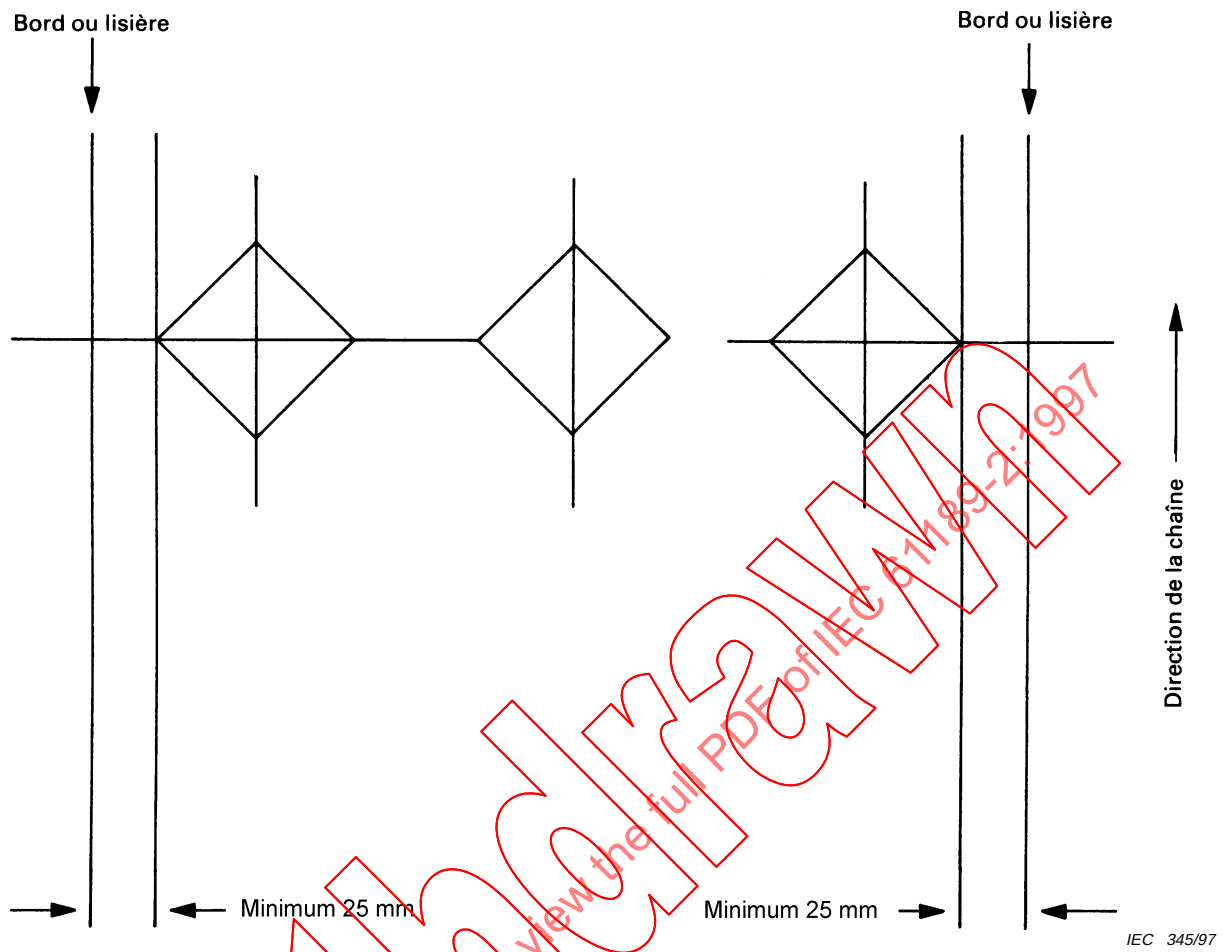
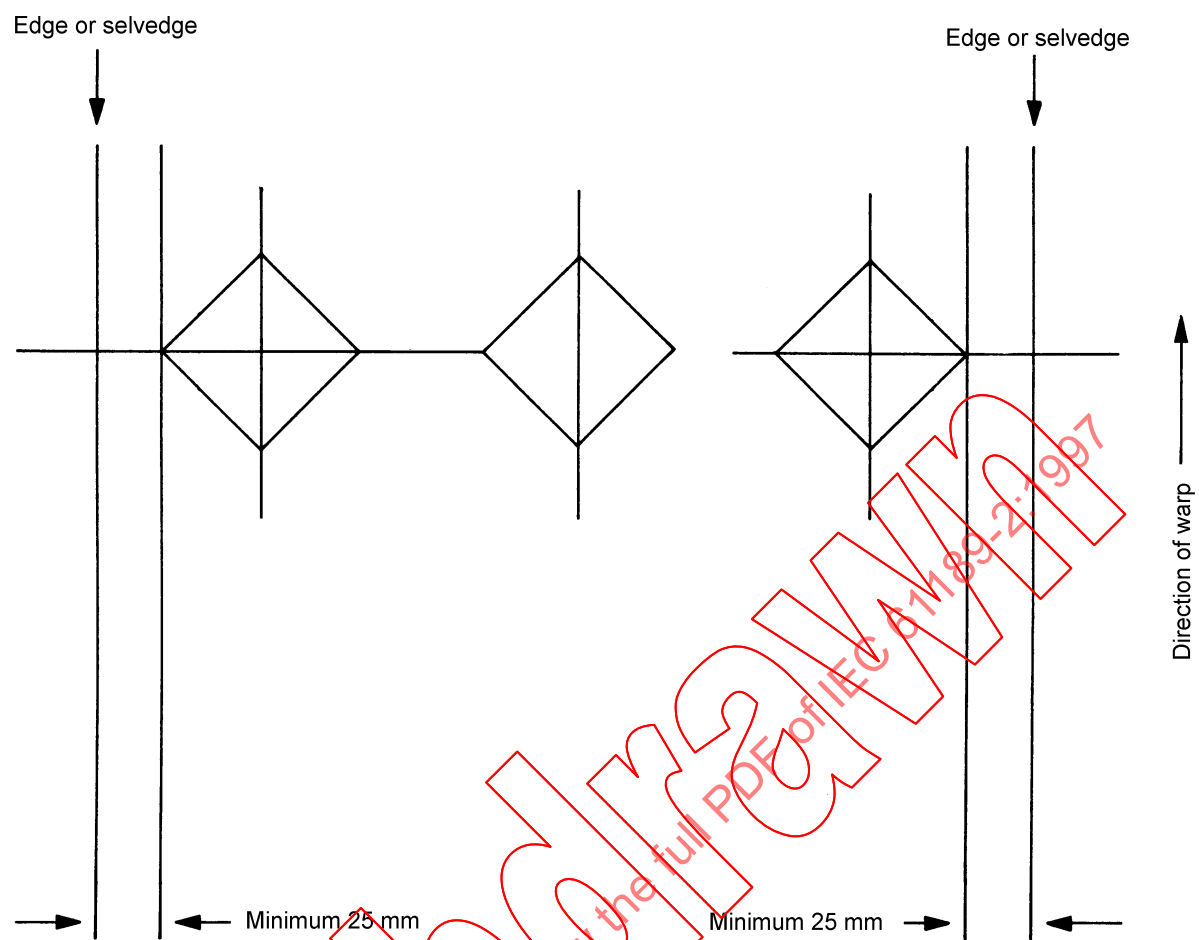
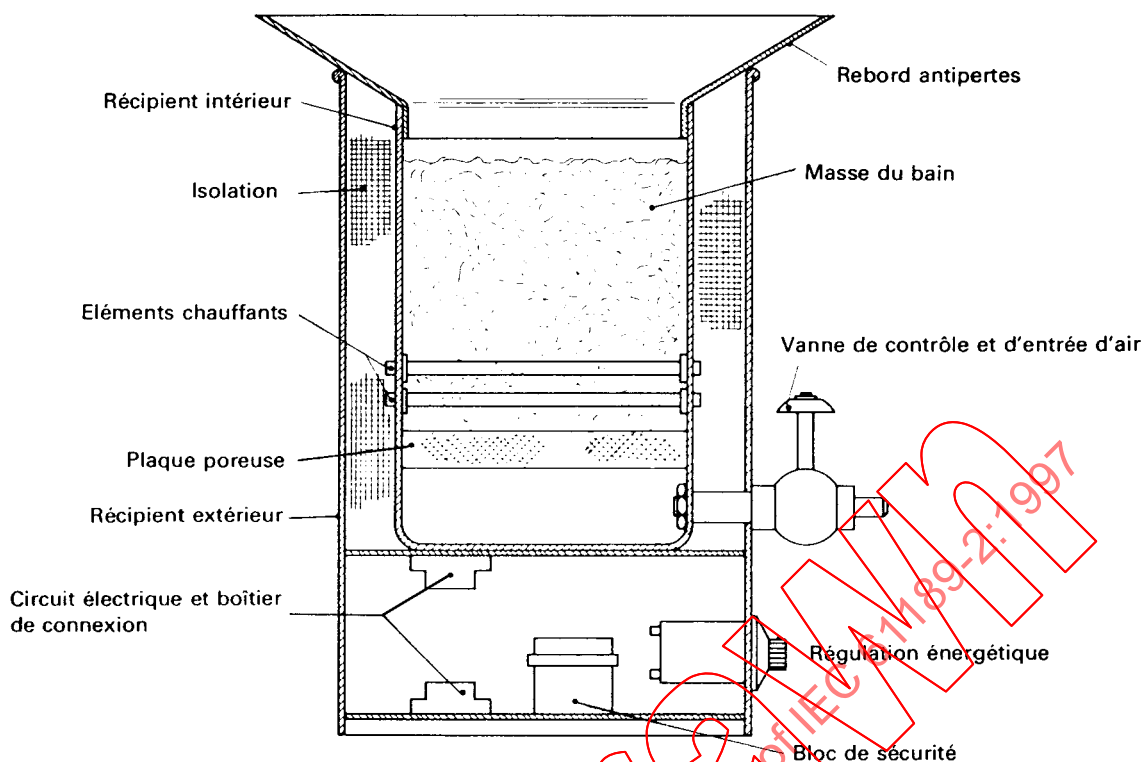


Figure 1 – Position des éprouvettes



IEC 345/97

Figure 1 – Position of specimens



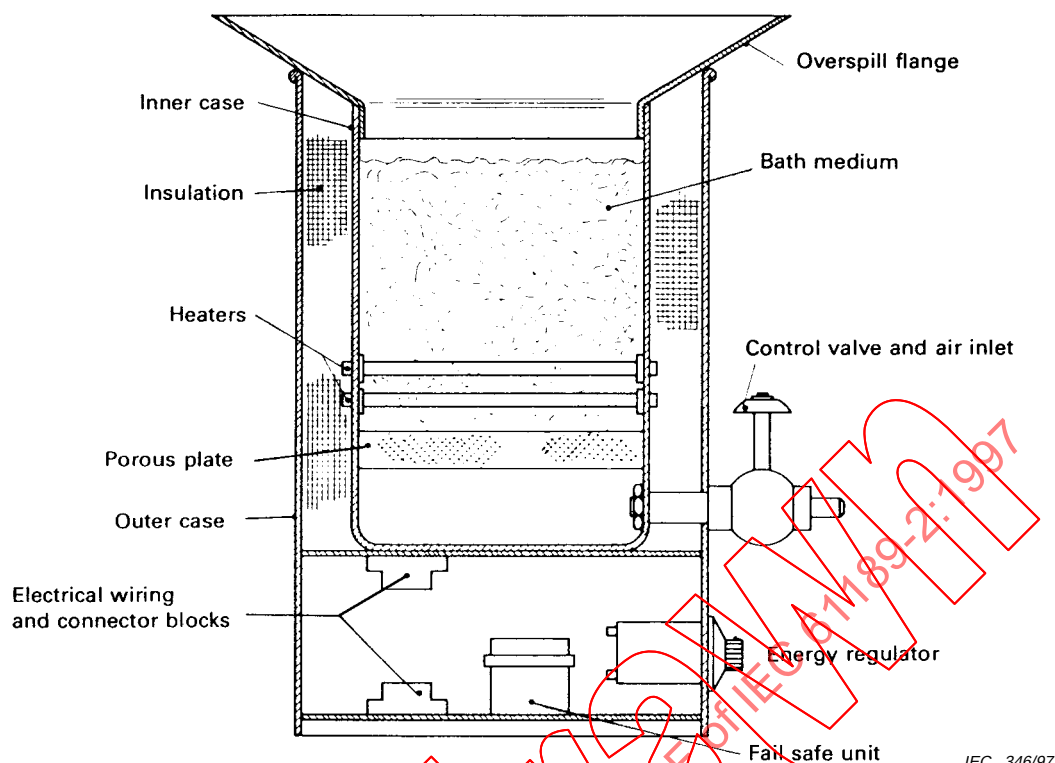
IEC 346/97

PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT

De petites particules solides peuvent être facilement «fluidisées» au moyen d'un courant de gaz (air) adéquat. Un croquis en coupe d'un bain de sable fluidifié est montré ci-dessus. De l'air propre, sec, sous une pression constante d'environ 2 N/cm^2 est fourni soit d'une pompe, soit d'une conduite d'air, via une vanne de contrôle, à une chambre sous le diffuseur (plaque poreuse). Cette plaque poreuse assure un flux d'air uniforme à travers toute la section du récipient et sert aussi de plaque support pour le lit de sable solide.

Quand la vanne de contrôle est ouverte lentement, le lit de sable solide n'est pas remué et l'air se faufile entre les particules; dans de telles conditions la baisse de pression est proportionnelle à la quantité d'air admis. Quand la vanne est ouverte davantage, l'effet de l'air sur les particules les amènera à se séparer, et toute la masse du lit de sable s'agrandit visiblement. Le lit, à présent, se comporte comme un fluide et est dit «fluidisé». Une plus grande ouverture de la vanne n'est pas accompagnée par une plus grande baisse de pression, laquelle reste constante à une valeur correspondant à la pression de la colonne de particules. Mais le lit de sable deviendra plus turbulent et aura l'aspect d'un liquide en ébullition. Le meilleur transfert calorifique et les températures les plus uniformes sont obtenus quand le bain est dans cet état «d'ébullition».

Figure 2 – Bain de sable fluidisé



PRINCIPLES OF OPERATION

Small solid particles can be readily "fluidized" by means of a suitable gas (air) stream. A diagrammatic cross-section of a fluidized sand bath is shown above. Clean, dry air at a constant pressure of about 2 N/cm^2 from a pump or from an air line is supplied via a control valve to a chamber beneath the diffuser (porous plate). This porous plate ensures a uniform flow of air across the full section of the container and acts also as a support plate for the solid sand bed.

As the control valve is slowly opened, the solid sand bed remains undisturbed and the air finds its way between the particles; under such conditions the pressure drop is proportional to the rate of flow of air. As the valve is opened further, the air drag on the particles will cause them to separate and the whole mass of the bed can be seen to have expanded. The bed now behaves as a fluid and is said to be "fluidized". Further opening of the valve is not accompanied by an increase in pressure drop, which remains constant at a value corresponding to the head of the column of particles, but the bed becomes more turbulent and will have the appearance of boiling liquid. The best heat transfer and most uniform temperatures are obtained when the bath is in this "boiling" state.

Figure 2 – Fluidized sand bath

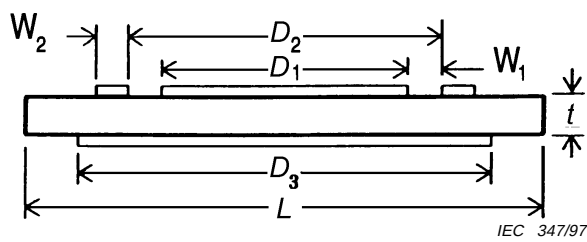


Figure 3 – Dimensions de l'électrode pour essais de résistivité transversale et de résistivité superficielle

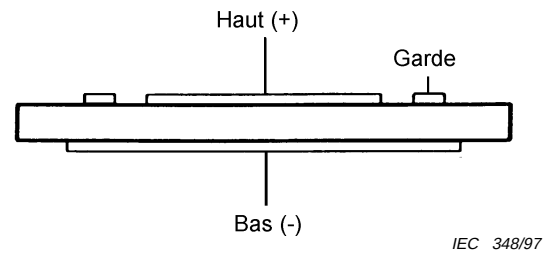


Figure 4 – Raccordements de l'électrode pour la mesure de la résistivité transversale

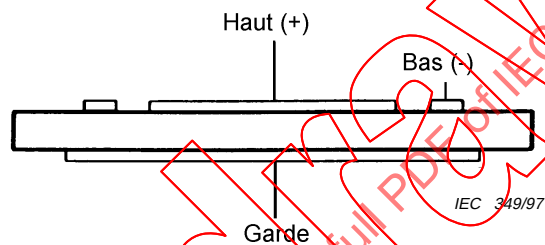


Figure 5 – Raccordements de l'électrode pour mesurer la résistivité superficielle

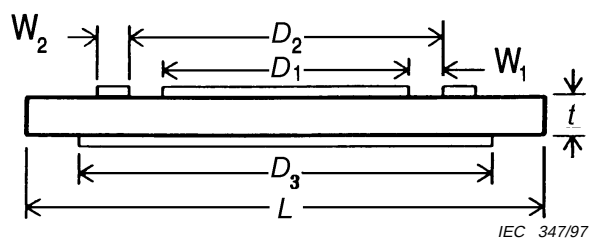


Figure 3 – Electrode dimensions for volume resistivity and surface resistivity tests

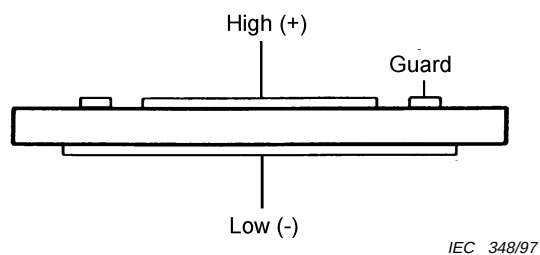


Figure 4 – Electrode connections for measuring volume resistance

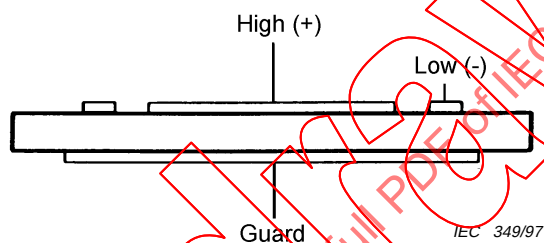
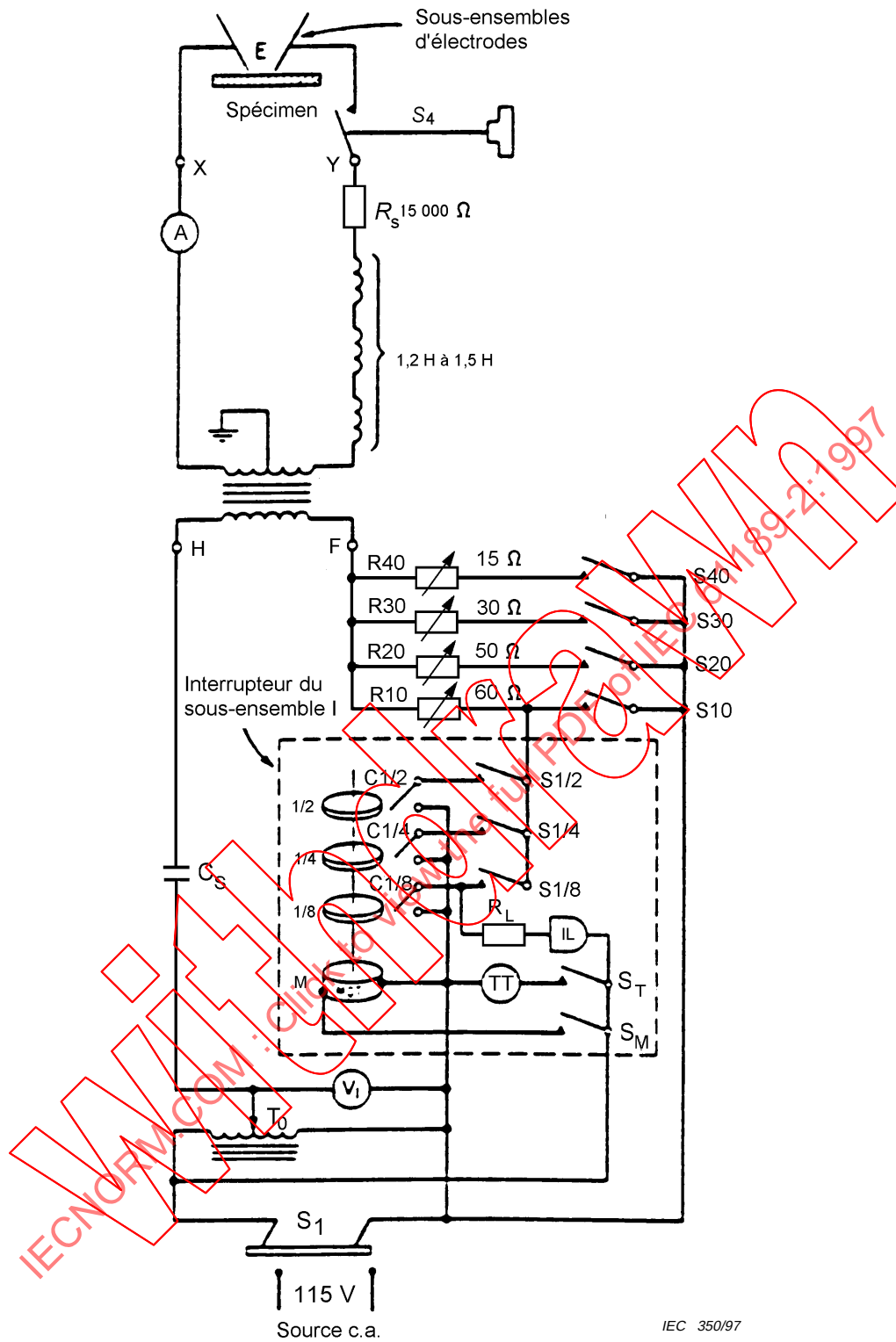


Figure 5 – Electrode connections for measuring surface resistance



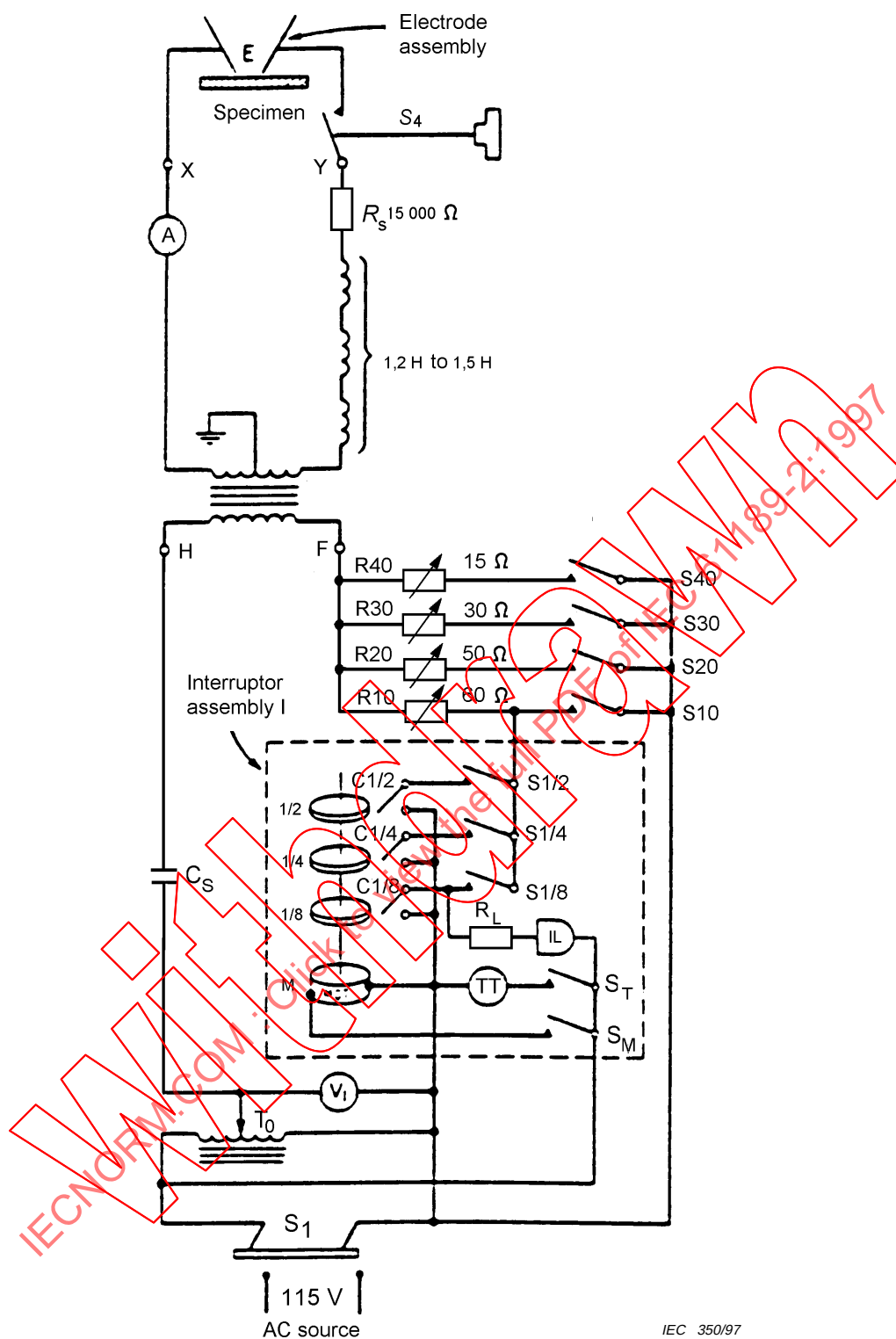
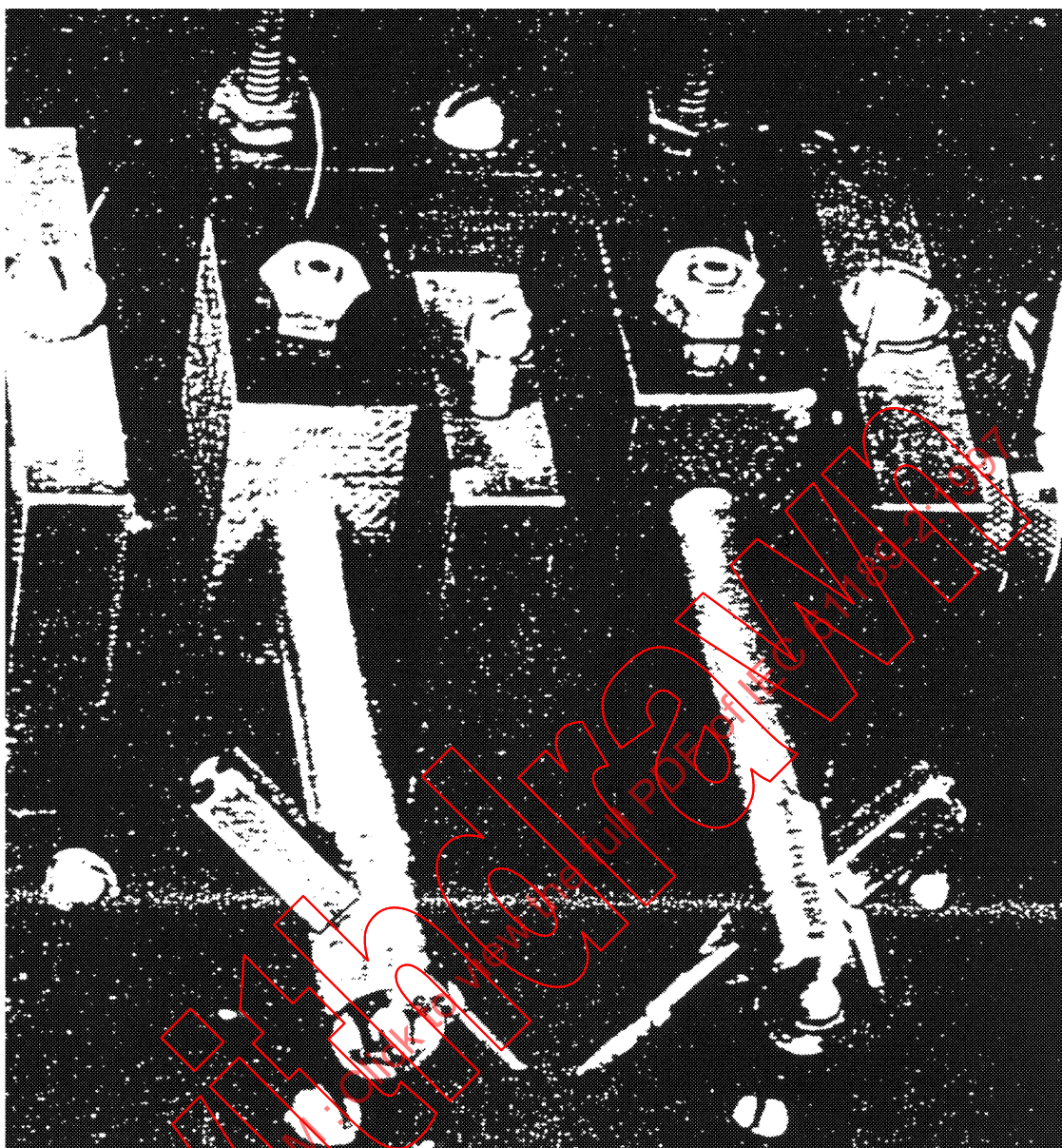
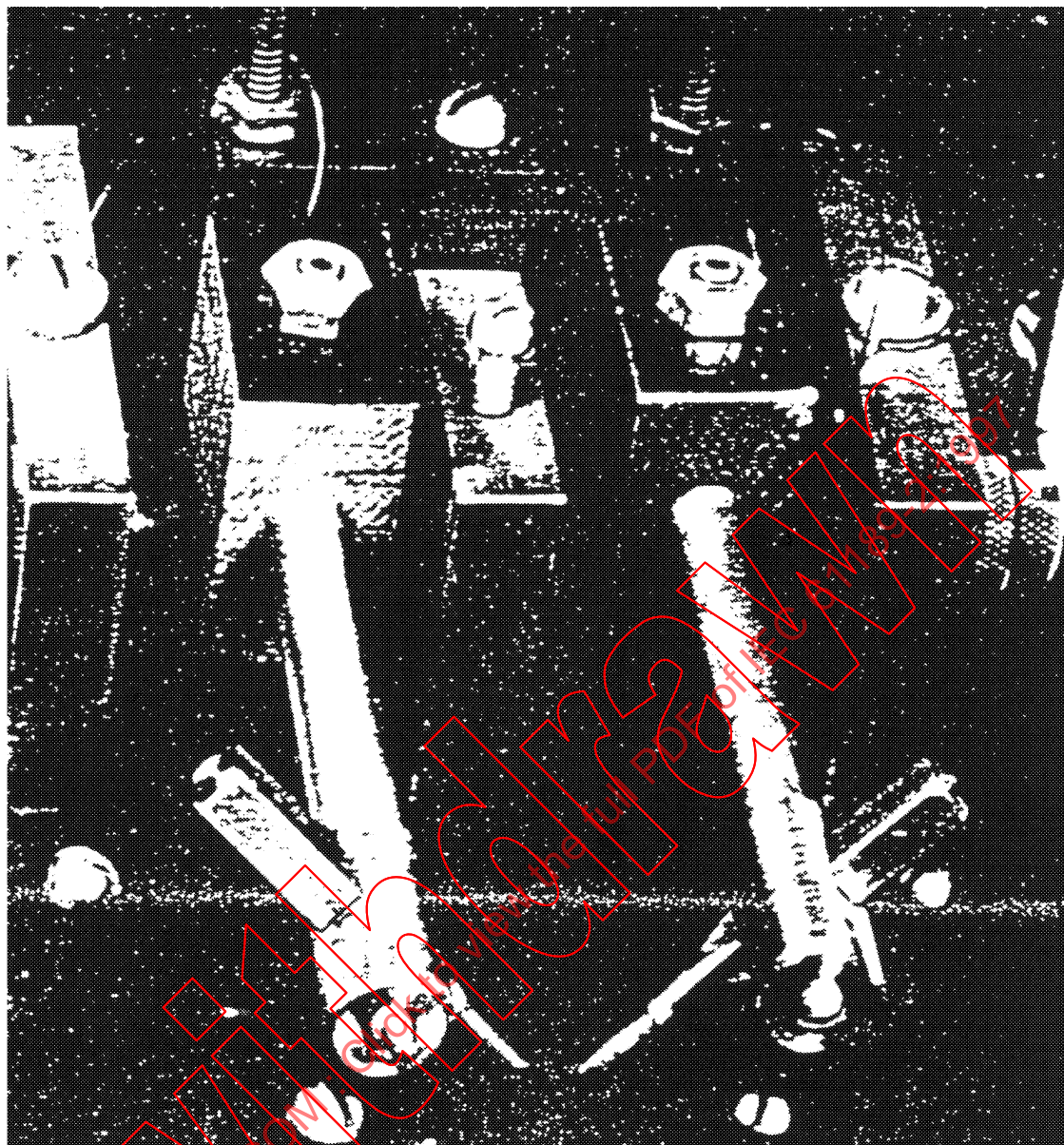


Figure 6 – Arc-resistance test circuit



IEC 351/97

Figure 7 – Sous-ensemble d'électrodes en alliage acier tungstène



IEC 351/97

Figure 7 – Tungsten steel rod electrode assembly