

NORME
INTERNATIONALE

CEI
IEC

INTERNATIONAL
STANDARD

61188-1-1

Première édition
First edition
1997-08

**Cartes imprimées et cartes imprimées équipées –
Conception et utilisation –**

**Partie 1-1:
Prescriptions génériques –
Considérations concernant la planéité
d'ensembles électroniques**

**Printed boards and printed board assemblies –
Design and use –**

**Part 1-1:
Generic requirements –
Flatness considerations for electronic assemblies**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61188-1-1: 1997

Numéros des publications

Les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000 dès le 1er janvier 1997.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant 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.

Validité de la présente publication

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 la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Accès en ligne)*

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from the 1st January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

Validity of this publication

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 the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line access)*

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE

CEI
IEC

INTERNATIONAL
STANDARD

61188-1-1

Première édition
First edition
1997-08

**Cartes imprimées et cartes imprimées équipées –
Conception et utilisation –**

**Partie 1-1:
Prescriptions génériques –
Considérations concernant la planéité
d'ensembles électroniques**

**Printed boards and printed board assemblies –
Design and use –**

**Part 1-1:
Generic requirements –
Flatness considerations for electronic assemblies**

© 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

L

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Référence normative	8
3 Prescriptions de base	8
3.1 Conception	8
3.2 Fabrication de cartes rigides	8
3.3 Assemblage	10
3.4 Utilisation	10
4 Défauts de planéité – Matériau de base cuivré rigide	10
4.1 Causes	10
4.2 Prévention et correction	12
4.3 Méthodes d'essai et prescriptions	12
5 Défauts de planéité – Cartes imprimées rigides non équipées	12
5.1 Causes	12
5.2 Prévention	16
5.3 Rectification	16
5.4 Prescriptions relatives à la planéité	16
5.5 Méthodes de mesure	18
6 Défauts de planéité – Cartes imprimées équipées rigides	18
6.1 Causes	18
6.2 Prévention	20
6.3 Correction	20
7 Problèmes liés au placement des composants montés en surface	20
7.1 Placement des composants (assemblage)	20
7.2 Prescriptions concernant les machines de placement	20
8 Défauts de planéité en service	22
9 Résumé des mesures préventives	22
10 Résumé des actions correctives	22

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative reference	9
3 Basic requirements	9
3.1 Design	9
3.2 Rigid board manufacture	9
3.3 Assembly	11
3.4 Use	11
4 Deviations from flatness – Rigid copper-clad base material	11
4.1 Causes	11
4.2 Prevention and correction	13
4.3 Test methods and requirements	13
5 Deviations from flatness – Unassembled rigid printed boards	13
5.1 Causes	13
5.2 Prevention	17
5.3 Rectification	17
5.4 Requirements for flatness	17
5.5 Measurement methods	19
6 Deviations from flatness – Rigid printed board assemblies	19
6.1 Causes	19
6.2 Prevention	21
6.3 Correction	21
7 Problems associated with placement of surface-mounted components	21
7.1 Placement of components (assembly)	21
7.2 Requirements for "pick-and-place" machines	21
8 Deviations from flatness in service	23
9 Prevention summary	23
10 Corrective action summary	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CARTES IMPRIMÉES ET CARTES IMPRIMÉES ÉQUIPÉES – CONCEPTION ET UTILISATION –

Partie 1-1: Prescriptions génériques – Considérations concernant la planéité d'ensembles électroniques

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 61188-1-1 a été établie par le comité d'études 52 de la CEI: Circuits imprimés.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
52/721/FDIS	52/738/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.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PRINTED BOARDS AND PRINTED BOARD ASSEMBLIES –
DESIGN AND USE –****Part 1-1: Generic requirements –
Flatness considerations for electronic assemblies**

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 61188-1-1 has been prepared by IEC technical committee 52:
Printed circuits

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

FDIS	Report on voting
52/721/FDIS	52/738/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.

INTRODUCTION

Les techniques relatives aux cartes imprimées rigides exigent un degré élevé de planéité au niveau des substrats et des ensembles or, il existe plusieurs causes possibles de distorsion. Toutes les personnes impliquées, à un stade quelconque, dans la conception, la fabrication et l'utilisation doivent être conscientes des problèmes potentiels et doivent les comprendre. Il est primordial qu'elles portent une attention particulière aux facteurs qu'elles maîtrisent.

Le tableau ci-dessous fait référence aux trois méthodes d'essai indiquées dans la CEI 61189-2.

**Liste de contrôle des méthodes d'essais de courbure
et de vrillage pour matériaux**

Paramètre	Condition	CEI 61189-2 Essai n°
Courbure	Telle qu'à réception	2M01
Courbure	Après traitement	2M02
Vrillage	Telle qu'à réception	2M01
Vrillage	Après traitement	2M04

INTRODUCTION

Rigid printed board technology demands a high degree of flatness in substrates and assemblies and distortion may result from a number of causes. All individuals involved at any stage of design, manufacture and use shall be aware of and understand the potential problems. It is essential that they pay specific attention to those factors under their control.

The following table shows the references to the three test methods given in IEC 61189-2.

Bow and twist test method checklist for materials

Parameter	Condition	IEC 61189-2 Test No.
Bow	As received	2M01
Bow	After processing	2M02
Twist	As received	2M01
Twist	After processing	2M04

CARTES IMPRIMÉES ET CARTES IMPRIMÉES ÉQUIPÉES – CONCEPTION ET UTILISATION –

Partie 1-1: Prescriptions génériques – Considérations concernant la planéité d'ensembles électroniques

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61188 décrit les facteurs déterminant la planéité de cartes imprimées rigides et de leurs ensembles. L'objectif de la présente norme consiste à informer le concepteur, le fabricant, l'assembleur et l'utilisateur de cartes imprimées rigides et de leurs ensembles de ces facteurs affectant leur planéité. La présente norme comprend des conseils relatifs:

- à la conception (article 3);
- au matériau de base (article 4);
- aux cartes imprimées non équipées (article 5);
- aux cartes imprimées équipées (article 6).

2 Référence normative

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions, qui par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 61188. 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 61188 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 61189-2: 1997, *Méthodes d'essai pour les matériaux électriques, les structures d'interconnexion et ensembles – Partie 2. Méthodes d'essai des matériaux pour les structures d'interconnexion*

3 Prescriptions de base

3.1 Conception

Le concepteur de la carte/de l'ensemble imprimé doit avoir pour objectif la réalisation d'une construction mécaniquement équilibrée. Dans le cas de la carte imprimée, une construction équilibrée implique la répartition uniforme de la quantité de résine, du renforcement et de la feuille métallique autour du centre de la carte selon un axe quelconque. Par ailleurs, si le métal est lié au substrat (comme dissipateur thermique, par exemple), il faut comprendre dans quelle mesure le métal contribue à la planéité.

Les cartes imprimées équipées présentent généralement des composants sur une seule face. Cependant, avec l'introduction du montage en surface, de nombreuses conceptions de cartes présentent des composants sur les deux faces. Un placement correct des composants en fonction de la taille, du poids et du nombre de sorties à relier sur la carte améliorera les caractéristiques de planéité de l'ensemble.

3.2 Fabrication de cartes rigides

Le fabricant de cartes rigides doit envisager une utilisation et un traitement du matériau permettant de minimiser la distorsion.

PRINTED BOARDS AND PRINTED BOARD ASSEMBLIES – DESIGN AND USE –

Part 1-1: Generic requirements –

Flatness considerations for electronic assemblies

1 Scope

This part of IEC 61188 describes those factors which control the flatness of rigid printed boards and their assemblies. The object of this standard is to inform the designer, manufacturer, assembler and user of rigid printed boards and their assemblies about those factors affecting their flatness. This standard incorporates advice regarding:

- design (clause 3);
- base material (clause 4);
- unassembled printed boards (clause 5);
- printed board assemblies (clause 6).

2 Normative reference

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61188. 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 61188 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 61189-2: 1977, *Test methods for electrical materials, interconnection structures and assemblies – Part 2: Test methods for materials for interconnection structures*

3 Basic requirements

3.1 Design

The designer of the rigid board/assembly shall aim to achieve a mechanically balanced construction. For the printed board, balanced construction pertains to the even distribution of the amount of resin, reinforcement and metallic foil about the centre of the board in any axis. In addition, if metal is bonded to the substrate (e.g. as a heat sink) the contribution to flatness provided by the metal must be understood.

Printed board assemblies usually have components on only one side. However, with the advent of surface mounting, many designs have both sides of the board populated with components. Proper location of components by size, weight and the number of leads to be attached to the board will improve the flatness characteristics of the assembly.

3.2 Rigid board manufacture

The rigid board manufacturer shall consider how to use and process the material to minimize distortion.

3.3 Assemblage

L'assembleur de cartes rigides doit essayer de garantir qu'aucune distorsion n'est introduite, particulièrement au cours des opérations de brasage et des manipulations.

3.4 Utilisation

L'utilisateur doit, par un stockage et une pratique corrects du matériel, minimiser les risques d'apparition de distorsions après l'assemblage.

4 Défauts de planéité – Matériau de base cuivré rigide

4.1 Causes

Les causes suivantes peuvent contribuer, seules ou combinées, à la distorsion du matériau cuivré.

4.1.1 Renforcement

Il n'est pas exclu que les tissus de verre soient soumis à des contraintes lors du tissage et du traitement. La distorsion du produit stratifié, introduite par des feuilles individuelles de tissu de verre soumises à des contraintes, sera réduite.

4.1.2 Feuille de cuivre

La feuille de cuivre a un effet généralement réduit au niveau de la distorsion.

4.1.3 Matériau à l'état B (feuille préimprégnée)

L'imprégnation du renforcement avec de la résine, qui est ensuite partiellement traitée, produit un matériau de base «à l'état B» (feuille préimprégnée). Une imprégnation non uniforme peut engendrer des contraintes à l'origine d'une distorsion du produit stratifié. Ces contraintes sont susceptibles d'être attribuées à :

- une tension inégale appliquée au renforcement tandis qu'il est soumis au traitement (imprégnateur de résine);
- une épaisseur de résine inégale ou non uniforme sur la largeur de la feuille de renforcement;
- un traitement (polymérisation) impropre de la résine, c'est-à-dire, en dessous ou au-dessus du traitement à l'état B.

4.1.4 Stratification

Une pression et une température de stratification non uniformes engendrent des contraintes. Une construction déséquilibrée, c'est-à-dire, des feuilles non alignées dans les directions X et Y provoquera l'apparition de contraintes.

Une distorsion quelconque est aggravée par la présence d'une feuille sur un seul côté de stratifié. La distorsion croît en même temps que l'épaisseur de la feuille. Par ailleurs, lorsque l'une des faces d'un stratifié est plaquée avec une feuille plus épaisse que l'autre, une distorsion peut en résulter.

4.1.5 Découpage et manipulation

Les méthodes de découpage peuvent provoquer des contraintes. Le stockage du matériau fini sur un plan non horizontal peut occasionner une distorsion.

3.3 *Assembly*

The rigid board assembler shall try to ensure that no distortion is introduced, particularly during soldering and handling operations.

3.4 *Use*

The user shall, by good storage and equipment practice, minimize the likelihood of distortion occurring after assembly.

4 **Deviations from flatness – Rigid copper-clad base material**

4.1 *Causes*

The following can contribute, either singly or in combination, to distortion of copper-clad material.

4.1.1 *Reinforcement*

Glass fabrics may be stressed during weaving and treatment. Distortion of the laminated product introduced by individual sheets of stressed glass fabric will be small.

4.1.2 *Copper foil*

The effect of the copper foil on distortion is usually small.

4.1.3 *B-stage material (preg)*

Impregnation of the reinforcement with resin, which is subsequently partially cured, produces "B-stage" base material (preg). Non-uniform impregnation can produce stresses which result in distortion in the laminated product. These stresses may be attributed to:

- uneven tension applied to the reinforcement as it passes through the treater (resin impregnator);
- uneven or non-uniform thickness of resin across the reinforcement sheet width;
- improper curing (polymerization) of the resin, that is, under or over cure at the B-stage.

4.1.4 *Lamination*

Non-uniform laminating pressure and temperature builds in stresses. Unbalanced construction, i.e. plies which are out of alignment in the X and Y directions will cause stresses to be present.

Foil on one side only of a laminate can make any distortion worse. The thicker the foil, the greater will be the distortion. In addition, when one side of a laminate is clad with thicker foil than the other, distortion can result.

4.1.5 *Cutting and handling*

Cutting methods can induce stress. Storage of the finished material other than in the horizontal plane can cause distortion.

4.2 Prévention et correction

Pour minimiser la distorsion, les facteurs traités au 4.1 doivent être maîtrisés. L'ingénierie et la spécification relatives à la conception seront prises en considération. Il faut réaliser un contrôle de processus. Une fois la stratification effectuée, une action corrective n'est pas possible si des contraintes internes ont été introduites dans le matériau de base.

Température de transition vitreuse (T_g): T_g est la température à laquelle un plastique thermodurcissable passe d'un état vitreux (rigide) à un état déformable (flexible). Cette transformation est complètement réversible; le matériau se comportera comme du verre en dessous de T_g et comme un matériau déformable au-dessus de cette température. Par conséquent, les déformations introduites à l'état déformable seront conservées quand le matériau repassera à l'état vitreux.

La température T_g des matériaux en verre-époxyde d'usage courant est normalement comprise entre 120 °C et 135 °C, mais elle peut atteindre le seuil de 105 °C. D'autres résines peuvent présenter une T_g largement différente.

Si le matériau stratifié n'est pas plat à température ambiante, la présence d'une contrainte interne est évidente. Cependant, même si le matériau est plat à température ambiante, des contraintes internes peuvent tout de même exister. Quand le matériau est chauffé à une température supérieure à la température T_g de la résine, la résine ne retient plus les contraintes résiduelles et le matériau relâche et apparaît plat. La distorsion peut réapparaître ou non lorsque le matériau de base est refroidi sans contrainte. Il est permis de «corriger» cette distorsion en maintenant le matériau de base à plat tout en le refroidissant à une température inférieure à T_g , mais la distorsion réapparaîtra lors du réchauffage.

4.3 Méthodes d'essai et prescriptions

Les méthodes et valeurs d'essai pour une gamme de matériaux de base couramment utilisés sont indiquées dans la CEI 61189-2. Quand aucune spécification n'existe pour le matériau utilisé dans la norme de la CEI ou dans des normes nationales équivalentes, il est recommandé que le client et le fournisseur établissent un accord concernant les valeurs limites à obtenir en utilisant la méthode d'essai de la norme internationale acceptée.

5 Défauts de planéité – Cartes imprimées rigides non équipées

5.1 Causes

Les causes suivantes peuvent contribuer, seules ou combinées, à la distorsion des cartes imprimées rigides non équipées.

5.1.1 Conception de la carte imprimée

5.1.1.1 Profil de la carte imprimée rigide

La forme du profil peut influencer l'ampleur de la distorsion.

5.1.1.2 Coupures internes

De larges coupures à angles carrés ou à longues rainures sont susceptibles de contribuer à la distorsion.

Des conceptions intégrant des profils de cartes imprimées rigides ébauchés et replacés sur le flan sont susceptibles d'aggraver la distorsion.

4.2 Prevention and correction

To minimize distortion the factors discussed in 4.1 shall be controlled. Attention will be paid to the design engineering and specification. Process control has to be performed. Once lamination has been completed corrective action is not possible if internal stresses have been built into the base material.

Glass transition temperature (T_g): The T_g is the temperature at which a thermosetting plastic changes from a glass-like (rigid) state to a deformable (flexible) state. This change is completely reversible; the material will behave like a glass below the T_g and like deformable material above it. Therefore, deformations introduced in the deformable state will be locked in when the material reverts to the glass-like state.

The T_g of epoxide woven glass fabric materials in common use is normally in the range of 120 °C to 135 °C but can be as low as 105 °C. Other resins can have a significantly different T_g .

If the laminated material is not flat at room temperature, the presence of internal stress is obvious. However, even if the material is flat at room temperature, internal stresses can still be present. When the material is heated above the T_g of the resin, the resin no longer restrains the residual stresses and the material relaxes and appears flat. The distortion may, or may not, return if the base material is cooled down in an unrestrained condition. The distortion may be "corrected" by holding the base material flat while cooling to below the resin T_g but may reappear on reheating.

4.3 Test methods and requirements

Test methods and values for a range of commonly used base materials are given in IEC 61189-2. Where there is no existing specification for the material being used in the IEC or equivalent national standards, it is recommended that agreement be reached between customer and supplier on limit values to be obtained using the accepted international standard test method.

5 Deviations from flatness – Unassembled rigid printed boards

5.1 Causes

The following can contribute, either singly or in combination, to distortion of unassembled rigid printed boards.

5.1.1 Printed board design

5.1.1.1 Rigid printed board profile

The shape of the profile can influence the amount of distortion.

5.1.1.2 Internal cutouts

Large cutouts with square corners or long slots centrally positioned may contribute to distortion.

Designs incorporating rigid printed board profiles blanked and returned to panel may aggravate distortion.

5.1.1.3 *Densité et disposition des impressions conductrices*

La distorsion de cartes imprimées rigides à simple face est principalement déterminée par l'épaisseur de la feuille. L'ampleur de la distorsion augmentera proportionnellement à la surface et à l'épaisseur du cuivre au niveau du tracé.

Le vrillage est courant dans les tracés comprenant une répartition inégale du cuivre; par exemple, un tracé présentant un plan métallique sur l'un des côtés de la carte rigide et des pastilles sur l'autre côté.

Un tracé de carte multicouche rigide présentant une accumulation asymétrique autour du plan central de la carte produira une distorsion permanente. Cela consiste, par exemple, à disposer des plans d'alimentation et/ou de masse sur un côté du plan central, les couches 4 et 5 par exemple d'une structure à six couches, ou utiliser une seule couche de gestion thermique épaisse au lieu de deux plus minces.

5.1.2 *Traitement de la carte imprimée rigide*

5.1.2.1 *Cisaillement*

Le cisaillement de flans sur des feuilles de matériau de base peut engendrer une contrainte au tout début du processus de fabrication (utilisation de lames émoussées, intervalle incorrect entre les faces de découpage, etc.).

5.1.2.2 *Cuisson*

Une carte renforcée de façon incorrecte, chauffée à une température supérieure à sa T_g , puis refroidie, est susceptible de subir une distorsion. Cette distorsion peut être corrigée en chauffant la carte à une température supérieure à T_g et en la laissant refroidir avec un renforcement correct.

5.1.2.3 *Liaison multicouche rigide*

Des distorsions peuvent être provoquées par des feuilles préimprégnées ou des renforcements imprégnés non uniformément, soumis à une tension incorrecte au cours de l'imprégnation (voir 4.1.3). Une maîtrise insuffisante de la stratification accompagnée de températures et/ou de pressions inégales produira une distorsion permanente; il en est de même des cycles de chauffage ou de refroidissement incorrect.

5.1.2.4 *Fusion étain-plomb, application de couches de brasage*

Au cours de la fusion de l'étain-plomb électrodéposé, de l'immersion de brasure et du nivellement à chaud ou du revêtement de brasure par lamination, toute contrainte intégrée peut devenir apparente. En outre, à moins que les cartes rigides ne soient correctement renforcées au cours de ces processus, en particulier durant la fusion dans l'huile chaude, une distorsion peut en résulter. Il convient de maintenir un renfort correct durant la période de refroidissement.

5.1.2.5 *Profilage*

L'opération de routage tend à relâcher la contrainte. A l'inverse, on trouve le cas des cartes imprimées rigides ébauchées et replacées sur le flan. Une autre solution consiste fréquemment à réduire délibérément la résistance de la carte rigide grâce à une opération consistant à pratiquer des entailles ou encoches permettant de détacher les cartes du flan de production après l'assemblage. Cependant, la distorsion survenant sur ces flans ne peut pas être corrigée sans risque de fracture.

5.1.2.6 *Méthodes d'emballage*

Une pression excessive appliquée au cours de l'emballage avec des courroies en plastique provoquera une distorsion, tout comme un renfort insuffisant des cartes rigides au cours du transit.

5.1.1.3 *Density and layout of conductive patterns*

The distortion of single-sided rigid printed boards is most influenced by foil thickness. The greater the area and thickness of copper in the design, the greater will be the distortion.

Twist is prevalent in designs containing uneven copper distribution; for example, a design which has a metallic plane on one side of the rigid board and pads on the other side.

A rigid multilayer board design which has an asymmetrical lay-up about the centre plane of the board will produce permanent distortion. Examples are disposing power and/or ground planes on one side of the centre plane, say as layers 4 and 5 of a six-layer build, or using one thick thermal management layer rather than two thinner ones.

5.1.2 *Rigid printed board processing*

5.1.2.1 *Shearing (guillotining)*

Shearing (guillotining) of panels from sheets of base material can induce stress at the very start of the manufacturing process (use of blunt blades, incorrect gap between the cutting faces, etc.).

5.1.2.2 *Baking*

An incorrectly supported board that is heated above its T_g and then cooled may distort. This distortion can be corrected by heating above the T_g and allowing to cool whilst supported correctly.

5.1.2.3 *Rigid multilayer bonding*

Distortions can be caused by unevenly impregnated prepregs or reinforcements which have been badly tensioned during impregnation (see 4.1.3). Poor control of lamination with uneven temperatures and/or pressures, as well as incorrect heatings or cooling cycles, will produce permanent distortion.

5.1.2.4 *Fusing tin-lead, application of solder coatings*

During the fusing of electroplated tin-lead, solder dipping and hot air levelling or roller solder coating, any in-built stresses can become apparent. In addition, unless the rigid boards are properly supported during such processes, especially when fusing in hot oil, distortion can result. Proper support should be continued during the cool-down period.

5.1.2.5 *Profiling*

The routing operation tends to release stress. The opposite is the case where rigid printed boards are blanked out and returned to panel. As an alternative to this, the strength of the rigid board is often reduced deliberately by a scoring or notching operation to allow boards to be broken out of the production panel after assembly. However, distortion occurring in such panels cannot be corrected without some risk of fracture.

5.1.2.6 *Packing methods*

Excessive pressure applied during bundling with plastic strapping will cause distortion as well as insufficient support of the rigid boards during transit.

5.2 Prévention

5.2.1 Considérations relatives à la conception

- a) Eviter les profils de cartes rigides longs et rectangulaires.
- b) Disposer les coupures et rainures internes symétriquement autant que possible.
- c) S'assurer que les impressions conductrices sur les deux côtés sont équilibrées uniformément en densité et en direction, dans la mesure du possible. Au niveau du tracé de la carte multicouche rigide, disposer les couches de manière à équilibrer la densité de cuivre sur les deux côtés de la couche centrale. S'il n'existe qu'un plan de masse ou de tension, considérer s'il peut ou non être dupliqué. Dans l'exemple cité en 5.1.1.2, disposer les couches en 3 et 4 ou 2 et 5, plutôt que 4 et 5.
- d) Eviter une épaisseur excessive de la feuille sur les cartes rigides simple face. Essayer d'éviter la nécessité de tracés avec des épaisseurs de cuivre différentes sur les deux côtés d'une carte rigide double face.

5.2.2 Considérations relatives au processus

- a) S'assurer que les instruments de cisaillement sont aiguisés, correctement placés, et que les flans sont maintenus à plat au cours du cisaillement.
- b) Lors de la cuisson des flans, par exemple pour le traitement ou le séchage à des températures supérieures à T_g , il faut privilégier un transporteur à tunnel à infrarouges par rapport à un four statique. Si un four est utilisé, et que les flans ne peuvent pas être renforcés à plat, il convient de renforcer trois bords au moins au niveau du support.
- c) Avant la fusion étain-plomb ou le nivellement de la brasure, le préchauffage des flans est primordial. Les montages utilisés pour tenir les cartes rigides pour la fusion dans un liquide chaud ou pour le nivellement de brasure doivent permettre à la carte de se dilater librement.
- d) Il convient de refroidir les flans en dessous de la température T_g avant le nettoyage, particulièrement quand le premier rinçage est froid.
- e) Eviter les profils ébauchés et replacés si une planéité absolue est essentielle.

5.3 Rectification

Il n'est pas exclu que les cartes rigides présentant des défauts importants au niveau du tracé/de la disposition ainsi que des multicouches mal liées ne soient pas rectifiables. Si le matériau de base rigide était plat à la réception et a subi un processus impliquant un chauffage à une température supérieure à T_g sans distorsion, la plupart des cartes nues qui présentent une distorsion par la suite peuvent être redressées. Il est éventuellement possible de corriger la distorsion en passant au four les cartes rigides superposées, maintenues par un poids de retenue tel qu'une plaque d'acier plate de taille approximativement semblable à celle de la carte imprimée rigide. Il convient que la pile soit soumise à une température supérieure à T_g de 10 °C à 20 °C pendant 4 h pour une pile de hauteur maximale égale à 50 mm. Un dépassement de cette hauteur de pile est susceptible d'empêcher les cartes au centre de la pile d'atteindre une température supérieure à T_g et par là même d'empêcher la relaxation de la contrainte. Après ce traitement thermique, il convient de laisser les cartes refroidir jusqu'à la température ambiante sans perturbation.

NOTE – Des températures excessives provoqueront une décoloration de la carte à un degré non acceptable.

5.4 Prescriptions relatives à la planéité

Considérant l'effet que le tracé peut avoir sur le degré final de planéité d'une carte imprimée rigide, de nombreuses spécifications de client laissent la possibilité de définir entre le fournisseur et le client le degré de distorsion autorisé. Pour simplifier, une limite réaliste fréquemment acceptée correspond à un pourcentage maximal de 0,5 % de la plus grande dimension. Une majorité de cartes rigides finies se conforme à cette prescription, et la même limite peut généralement être aussi appliquée aux cartes en cours de fabrication.

5.2 Prevention

5.2.1 Design considerations

- a) Avoid long rectangular rigid board profiles.
- b) Arrange internal cutouts and slots symmetrically whenever possible.
- c) Ensure that conductive patterns on both sides are evenly balanced in density and direction whenever possible. In rigid multilayer board design, dispose layers to balance the copper density either side of the centre layer. If there is only one ground or voltage plane, consider whether or not it can be duplicated. In the example quoted in 5.1.1.2, dispose the layers as 3 and 4 or 2 and 5, rather than 4 and 5.
- d) Avoid excessive foil thickness on single-sided rigid boards. Try to avoid the need for designs with different copper thickness on the two sides of a double-sided rigid board.

5.2.2 Process considerations

- a) Ensures that guillotines are sharp and properly set and that panels are held flat when being guillotined.
- b) When baking panels, for example for curing or drying at temperatures above the T_g , an infrared tunnel conveyor is to be preferred to a static oven. If an oven is used, and the panels cannot be supported flat, at least three edges of each panel should be supported in the rack.
- c) Before tin-lead fusing or solder levelling, preheating of the panels is essential. The jigs used to hold the rigid boards for hot liquid fusing or for solder levelling must allow the board to expand freely.
- d) The panels should be cooled to below the T_g before cleaning, especially when the first rinse is cold.
- e) Avoid blanked and returned profiles if absolute flatness is essential.

5.3 Rectification

Rigid boards with significant faults in design/layout and badly bonded multilayers may be beyond rectification. If rigid base material was flat on receipt and went through a process involving heating to above the T_g without distortion, most bare boards which subsequently show distortion can be straightened. It may be possible to correct the distortion by stoving the rigid boards in stacks, held down by a restraining weight such as a flat steel plate approximately the same size as the rigid printed board. The stack should be subjected to a temperature which is 10 °C to 20 °C above the T_g for 4 h for a maximum stack height of 50 mm. Exceeding this stack height may result in the boards in the centre of the stack not reaching a temperature greater than the T_g with the result that the stress will not be relieved. After this heat treatment, the boards should be allowed to cool to room ambient temperature without disturbance.

NOTE – Excessive temperatures will cause the board to become discoloured to an unacceptable degree.

5.4 Requirements for flatness

Because of the effect design can have on the ultimate degree of flatness of a rigid printed board, many customer specifications leave the allowable degree of distortion to be agreed between the supplier and customer. For simplicity, a realistic limit frequently accepted is a maximum of 0,5 % of the largest dimension. A majority of finished rigid boards comply with this requirement and, likewise, the same limit can be applied generally to boards in process.

Des techniques de production automatisées ont imposé des restrictions plus sévères, tant au niveau des flans rigides en cours de fabrication que des cartes rigides finies. Par exemple, les mécanismes d'alimentation sur des machines d'impression automatiques ne fonctionneront pas si la distorsion est supérieure à l'épaisseur d'un flan. Cela signifie que, pour un matériau d'épaisseur égale à 1,5 mm, sans tenir compte de la taille du flan, on admet un écart maximal de 1,5 mm seulement par rapport à la planéité, ce qui représente, sur une longueur de 600 mm, un pourcentage très contraignant de 0,25 %.

5.5 Méthodes de mesure

5.5.1 Mise en place des matériaux de base

5.5.1.1 Feuilles

Seule une estimation grossière est exigée et peut être réalisée simplement en suspendant une feuille à partir de deux angles adjacents et en observant le degré de distorsion existant. Si une mesure approximative du déplacement est exigée, la feuille peut être légèrement maintenue contre un bord droit ou une surface verticale plate.

NOTE – Il n'est pas pratique de mesurer la distorsion de grandes feuilles en les étalant sur une surface plate, la feuille s'aplatira sous son propre poids.

5.5.1.2 Flans

La méthode de mesure des flans doit reproduire les conditions rencontrées lors du traitement, c'est-à-dire une surface de cuivre orientée vers le haut pour les flans simple face. Si les flans sont à double face, il convient que la surface la plus concave soit placée au-dessus. Dans chaque cas, le flan doit reposer sans entrave sur une surface plate, comme s'il évoluait sur un transporteur. À l'aide d'un indicateur de hauteur ou d'un instrument similaire, on mesure la distance verticale maximale au bord du flan entre la surface plate et la face inférieure du flan. La valeur mesurée est la distorsion du flan.

5.5.2 Cartes imprimées rigides finies

La distorsion des cartes imprimées rigides finies est estimée de façon similaire. Cependant, pour le contrôle de quantités plus importantes, il est possible qu'il soit plus efficace de placer la surface la plus concave vers le bas et d'utiliser un indicateur entre/n'entre pas (par exemple une barre soutenue parallèlement à une surface plate).

6 Défauts de planéité – Cartes imprimées équipées rigides

6.1 Causes

Les causes suivantes peuvent contribuer, seules ou combinées, à la distorsion des cartes imprimées équipées rigides.

L'assemblage de cartes imprimées rigides comprend le placement de composants suivi d'un brasage. Les processus de soudage simultané couramment utilisés amèneront invariablement les cartes en résine époxyde standard au-delà de leur température T_g . (Il n'est pas exclu que les matériaux fabriqués à base d'autres résines aient une température T_g supérieure à la température de brasage.)

Parmi les processus de brasage, on distingue:

- a) le brasage tendre à la vague, températures entre 235 °C et 260 °C;
- b) le brasage par fusion, températures entre 215 °C et 260 °C (en fonction de la méthode).