

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
326-3**

Deuxième édition
Second edition
1991-04

Cartes imprimées

Partie 3:

Etudes et application des cartes imprimées

Printed boards

Part 3:

Design and use of printed boards



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 326-3: 1991

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 auprès du Bureau Central 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**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

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.

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 from the IEC Central Office.

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**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

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.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
326-3**

Deuxième édition
Second edition
1991-04

Cartes imprimées

Partie 3:
Etudes et application des cartes imprimées

Printed boards

Part 3:
Design and use of printed boards

© CEI 1991 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XA**

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 Références normatives	8
3 Matériaux et finitions de surface	10
3.1 Matériaux	10
3.2 Revêtements métalliques de finition	20
3.3 Revêtements non métalliques de finition	22
4 Montage	36
5 Dimensions	38
5.1 Système de référence	38
5.2 Dimensions extérieures des cartes imprimées	38
5.3 Epaisseur de la carte	38
5.4 Dimensions des trous	42
5.5 Dimensions des fentes et encoches	44
5.6 Dimensions des conducteurs	44
5.7 Stabilité dimensionnelle	54
6 Caractéristiques électriques	56
6.1 Résistance	56
6.2 Intensité maximale admissible	60
6.3 Résistance d'isolement	70
6.4 Tension de tenue	72
6.5 Autres caractéristiques électriques	76
7 Caractéristiques mécaniques	76
7.1 Adhérence de l'impression conductrice	76
7.2 Planéité	80
8 Divers	82
8.1 Brasage tendre	82
8.2 Décollement interlaminaire	86
8.3 Inflammabilité	86
9 Emballage des cartes imprimées	94
9.1 Généralités	94
9.2 Matériaux	96
9.3 Processus d'application	98
Figures	100
Annexe A – Détermination des dimensions des fenêtres d'accès dans un revêtement protecteur permanent	104

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Materials and surface finishes	11
3.1 Materials	11
3.2 Metallic surface finishes	21
3.3 Non-metallic surface finishes	23
4 Assembly	37
5 Dimensions	39
5.1 Datum reference	39
5.2 Outline dimensions of printed boards	39
5.3 Board thickness	39
5.4 Dimensions of holes	43
5.5 Dimensions of slots and notches	45
5.6 Dimensions of conductors	45
5.7 Dimensional stability	55
6 Electrical characteristics	57
6.1 Resistance	57
6.2 Current-carrying capacity	61
6.3 Insulation resistance	71
6.4 Voltage proof	73
6.5 Other electrical characteristics	77
7 Mechanical characteristics	77
7.1 Adhesion of the conductive pattern	77
7.2 Flatness	81
8 Miscellaneous	83
8.1 Soldering	83
8.2 Delamination	87
8.3 Flammability	87
9 Packaging of printed boards	95
9.1 General	95
9.2 Packaging materials	97
9.3 Procedures	99
Figures	100
Annex A – Determination of size of access window in permanent protective coating	105

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CARTES IMPRIMÉES

Partie 3: Etudes et application des cartes imprimées

AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le voeu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La présente partie de la Norme internationale CEI 326 a été établie par le Comité d'Etudes n° 52 de la CEI: Circuits imprimés.

Cette deuxième édition de la CEI 326-3 remplace la première édition parue en 1980. Cette nouvelle édition comprend la première édition, la CEI 326-3A (1982) ainsi que la Modification n° 1 (octobre 1984).

Le texte de cette partie est aussi issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote
52(BC)299 52(BC)335 I + II	52(BC)307 + 307A 52(BC)349

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette partie.

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PRINTED BOARDS
Part 3: Design and use of printed boards

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This part of the International Standard IEC 326 has been prepared by of IEC Technical Committee No. 52: Printed circuits.

This second edition of IEC 326-3 replaces the first edition issued in 1980. This new edition includes the first edition, IEC 326-3A (1982), and Amendment No.1 (October 1984).

The text of this part is also based on the following documents:

Six Months' Rule	Reports on Voting
52(CO)299 52(CO)335 I + II	52(CO)307 + 307A 52(CO)349

Full information on the voting for the approval of this part can be found in the Voting Reports indicated in the above table.

Annex A is for information only.

INTRODUCTION

La CEI 326 est applicable aux cartes imprimées, quelle qu'en soit la méthode de fabrication, prêtes au montage des composants. Elle est divisée en parties distinctes couvrant l'information du concepteur, les recommandations au rédacteur de spécifications, les méthodes d'essai et exigences pour les différents types de cartes imprimées, par exemple les cartes imprimées rigides simple face, double face et multicouches, les cartes imprimées souples simple face, double face et multicouches et les cartes imprimées flexorigides double face et multicouches.

Cette partie de la CEI 326 contient les informations fondamentales pour l'étude et l'application des cartes imprimées, leurs limitations techniques, les détails et caractéristiques auxquels on peut s'attendre et qui peuvent normalement être obtenus.

Cette partie de la CEI 326 constitue un guide pour le concepteur et l'utilisateur de cartes imprimées.

Les types de cartes imprimées couverts par cette partie de la CEI 326 comprennent:

- a) les cartes imprimées rigides ou souples simple face;
- b) les cartes imprimées rigides, souples ou flexorigides double face avec ou sans connexion transversale;
- c) les cartes imprimées multicouches rigides, souples ou flexorigides avec connexions entre couches par trous métallisés.

INTRODUCTION

IEC 326 is applicable to printed boards, irrespective of their method of manufacture, when they are ready for the mounting of components. It is divided into separate parts covering information for the designer, recommendations for the specification writer, test methods and requirements for the various types of printed boards, for example rigid single-sided, double-sided and multilayer printed boards, flexible single-sided, double-sided and multilayer printed boards and flex-rigid double-sided and multilayer printed boards.

This part of IEC 326 contains fundamental information on the design and the application of printed boards, their technical limitations and the features and characteristics which can normally be obtained and expected.

It is intended to be used for guidance to the designer and the user of printed boards.

Types of printed boards covered by this part of IEC 326 include:

- a) rigid or flexible single-sided printed boards;
- b) rigid, flexible or flex-rigid double-sided printed boards with or without interconnection through the board;
- c) rigid, flexible or flex-rigid multilayer printed boards with interconnections between layers made by plated-through holes.

CARTES IMPRIMÉES

Partie 3: Etudes et application des cartes imprimées

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 326 se rapporte à la conception et l'utilisation des cartes imprimées, indépendamment de leur procédé de fabrication.

Cette partie de la CEI 326 donne au concepteur et à l'utilisateur des cartes imprimées des informations en matière de spécification, conception et utilisation des cartes imprimées.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 326. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 326 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 65: 1985, *Règles de sécurité pour les appareils électroniques et appareils associés à usage domestique ou à usage général analogue, reliés à un réseau.*

CEI 97: 1970, *Système de grille pour circuits imprimés.*

CEI 171: 1964, *Paramètres fondamentaux des connecteurs pour plaquettes de câblage imprimé.*

CEI 194: 1988, *Termes et définitions concernant les circuits imprimés.*

CEI 216: *Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques.*

CEI 249-1: 1982, *Matériaux de base pour circuits imprimés - Première partie: Méthodes d'essai.*

CEI 249-2: *Matériaux de base pour circuits imprimés - Deuxième partie: Spécifications.*

CEI 249-2-1: 1985, *Matériaux de base pour circuits imprimés - Deuxième partie: Spécifications - Spécification n° 1: Feuille de papier cellulose phénolique recouverte de cuivre de haute qualité électrique.*

CEI 321: 1970, *Guide pour la conception et l'utilisation des composants destinés à être montés sur des cartes de câblages et circuits imprimés.*

CEI 326-2: 1976, *Cartes imprimées - Deuxième partie: Méthodes d'essai.*

CEI 512-2: 1985, *Composants électromécaniques pour équipements électroniques: procédures d'essai de base et méthodes de mesure - Deuxième partie: Examen général, essais de continuité électrique et de résistance de contact, essais d'isolement et essais de contrainte diélectrique.*

CEI 695-1-1: 1982, *Essais relatifs aux risques du feu - Première partie: Guide pour la préparation des spécifications d'essai et des exigences pour l'estimation des risques du feu des produits électrotechniques - Guide général.*

PRINTED BOARDS

Part 3: Design and use of printed boards

1 Scope

This part of IEC 326 relates to the design and the application of printed boards, irrespective of their method of manufacture.

This part of IEC 326 gives recommendations to the designer and the user of printed boards on matters relating to the specification, design and application of printed boards.

2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 326. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 326 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 65: 1985, *Safety requirements for mains operated electronic and related apparatus for household and similar general use.*

IEC 97: 1970, *Grid system for printed circuits.*

IEC 171: 1964, *Fundamental parameters of connectors for printed wiring boards.*

IEC 194: 1988, *Terms and definitions for printed boards.*

IEC 216: *Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials.*

IEC 249-1: 1982, *Base materials for printed circuits – Part 1: Test methods.*

IEC 249-2: *Base materials for printed circuits – Part 2: Specifications.*

IEC 249-2-1: 1985, *Base materials for printed circuits – Part 2: Specifications. Specification No. 1: Phenolic cellulose paper copper-clad laminated sheet, high electrical quality.*

IEC 321: 1970, *Guidance for the design and use of components intended for mounting on boards with printed wiring and printed circuits.*

IEC 326-2: 1976, *Printed boards – Part 2: Test methods.*

IEC 512-2: 1985, *Electromechanical components for electronic equipment; basic testing procedures and measuring methods – Part 2: General examination, electrical continuity and contact resistance tests, insulation tests and voltage stress tests.*

IEC 695-1-1: 1982, *Fire hazard testing – Part 1: Guidance for the preparation of requirements and test specifications for assessing fire hazard electrotechnical products – General guidance.*

	Cartes imprimées rigides				Cartes imprimées flexibles		
	Papier résine phénolique	Papier résine époxyde	Mat de verre résine polyester	Tissu de verre résine époxyde	Film de polyester	Film de polyimide	Film éthylène propylène perfluoré (FEP)
Caractéristiques mécaniques	0	0/+	+	++	NA	NA	NA
Caractéristiques électriques	0/+	+	+++	++	+++	++	?
Résistance aux températures élevées d'utilisation	+	0/+	+	++	0/++	+++	?
Résistance à une forte humidité en utilisation	0	0	+	+	+	+	++
Résistance aux températures de brasage	+	+	+	++	-	0/+	0

Où:

- ? signifie que les caractéristiques ne sont pas suffisamment connues pour figurer dans ce tableau;
- peut créer des problèmes dans certaines conditions;
- 0 =assez bon, ne crée normalement pas de problèmes dans la plupart des applications;
- +, ++, +++ = bon, très bon, excellent;
- NA = non applicable.

	Rigid printed boards				Flexible printed boards		
	Phenolic resin bonded paper	Epoxide resin bonded paper	Polyester resin bonded glass mat	Epoxide resin bonded glass fabric	Polyester film	Polyimide film	Fluorinated ethylene propylene film (FEP)
Mechanical properties	0	0/+	+	++	NA	NA	NA
Electrical properties	0/+	+	+++	++	+++	++	?
Resistance to high temperature during use	+	0/+	+	++	0/++	+++	?
Resistance to high humidity during use	0	0	+	+	+	+	++
Resistance to soldering + temperature	+	+	+	++	-	0/+	0

Where:

? means that insufficient data are at the moment available to fill this place in the table;

- may cause problems under certain conditions;

0 = fair, will usually cause no problems for most applications;

+, ++, +++ = good, very good, excellent;

NA = non applicable.

Il y a lieu d'utiliser de préférence les matériaux normalisés par la CEI. La CEI 249-2 comprend les spécifications des matériaux plaqués cuivre rigides et flexibles et des feuilles de matériaux de collage servant à la réalisation des cartes imprimées multicouches.

S'il n'existe pas de spécification reconnue pour le matériau requis, il convient d'établir une spécification particulière précisant ses caractéristiques.

Elle sera rédigée de préférence

- a) en utilisant les méthodes d'essai de la CEI 249-1;
- b) en suivant la disposition et la forme de la CEI 249-2;
- c) en liaison avec le fournisseur du matériau.

Quand des propriétés particulières sont essentielles, il convient que celles-ci soient définies et spécifiées conjointement avec le fournisseur de matériau.

3.1.2 Description générale des matériaux pour cartes imprimées

Quand les températures maximales d'utilisation sont citées dans les descriptions suivantes, ces températures ne sont données qu'à titre indicatif et n'impliquent pas que des modifications brusques des performances ou des degrés de vieillissement se produiront si elles sont dépassées.

En outre, il convient de noter que certaines propriétés des matériaux peuvent être influencées par des facteurs tels que la conception de la carte imprimée (par exemple l'épaisseur de la carte, l'importance et la répartition du métal, le nombre de couches, l'épargne de brasage, etc.) la méthode de réalisation (par exemple le procédé de stratification des cartes imprimées multicouches), au point que les cartes imprimées terminées aient des propriétés qui diffèrent considérablement de celles du matériau de départ.

Pour une définition précise des caractéristiques thermiques des matériaux, se référer à la CEI 216.

3.1.2.1 Matériaux plaqués cuivre pour cartes imprimées rigides

Papier-résine phénolique

Ce matériau est fabriqué dans une grande variété de grades. La plupart de ces grades sont utilisables jusqu'à des températures d'environ 70 °C à 105 °C, suivant le grade et l'épaisseur, encore que des utilisations de longue durée à des températures proches de ce maximum puissent causer une dégradation de quelques-unes de leurs propriétés. Une carbonisation peut toutefois résulter d'un chauffage excessif, et la résistance d'isolement peut tomber à un niveau très bas sur la surface affectée; de telles sources de chaleur sont, par exemple, les résistances à forte dissipation.

Dans la plage normale de température, un noircissement important peut se produire et ce phénomène n'est pas nécessairement attribuable à la carbonisation. La lumière du soleil noircit également ces matériaux. Dans ces cas, aucune perte de propriété n'est enregistrée.

L'exposition à une forte humidité réduit d'une manière importante la résistance d'isolement de ces matériaux; toutefois, cette tendance s'inverse quand l'humidité retombe à une valeur plus basse.

Preferably, the materials standardized in the IEC should be used. IEC 249-2 contains specifications for rigid and flexible copper-clad base materials and for bonding sheet materials for use in the manufacture of multilayer printed boards.

If there is no recognized specification available for the required material, a suitable specification sheet detailing its properties should be prepared.

This should be done preferably

- a) using the methods of test in IEC 249-1;
- b) following the layout and format of IEC 249-2;
- c) in conjunction with the material supplier.

Where special properties are essential, they should be defined and specified in conjunction with the material supplier.

3.1.2 *General description of materials for printed boards*

Where maximum operating temperatures are quoted in the following descriptions, they are intended only for guidance, and do not imply that abrupt changes in performance or in rates of ageing will occur if they are exceeded.

Furthermore, it should be noted that certain material properties may be influenced by factors, such as the design of the printed board (for example board thickness, amount and distribution of metal, number of layers, solder resist, etc.) and production processes (for example laminating process of multilayer printed boards) to such an extent that the readily processed printed boards exhibit properties which differ considerably from the original material properties.

For a precise definition of the thermal characteristics of materials, refer to IEC 216.

3.1.2.1 *Copper-clad base materials for rigid printed boards*

Phenolic resin bonded paper

This material is manufactured in various grades. Most grades are suitable for use at temperatures up to approximately 70 °C to 105 °C, depending on the grade and the thickness although long-term operation at temperatures towards the higher end of this range may cause a degradation of some properties. Excessive heating, however, can result in carbonization and, in the areas affected, the insulation resistance may fall to a very low level; sources of such heat are, for example, hot resistors.

Within the normal temperature range, a severe darkening can occur and this might not be due to carbonization. Sunlight also darkens these materials. In these instances no loss of properties is involved.

Exposure to high humidity significantly reduces the insulation resistance of these materials although this condition reverses when the humidity falls to a lower value.

Papier-résine époxyde

Ce matériau a certaines propriétés électriques ou non électriques améliorées, si on le compare au papier-résine phénolique, avec en plus une meilleure usinabilité et de meilleures caractéristiques mécaniques. Il est utilisable jusqu'à des températures de l'ordre de 90 °C à 110 °C suivant l'épaisseur.

Mat de verre-résine polyester

La plupart des caractéristiques mécaniques de ce matériau sont plus basses que celles des matériaux à base de tissu de verre, mais généralement plus élevées que celles des matériaux à base de papier.

Il est cependant très résistant au choc. Ses caractéristiques électriques sont bonnes dans une large bande de fréquences et sont maintenues en présence d'une forte humidité. La résistance au cheminement et à l'arc dépend du grade choisi. La plupart des grades sont utilisables jusqu'à des températures de l'ordre de 100 °C à 105 °C.

Tissu de verre-résine époxyde

Les caractéristiques mécaniques de ce matériau sont meilleures que celles des matériaux à base de papier, particulièrement en ce qui concerne la contrainte de flexion, la résistance au choc, la stabilité dimensionnelle dans les trois axes, la planéité et une plus grande résistance au choc thermique provoqué par le brasage. Les caractéristiques électriques de ce matériau sont également bonnes. La plupart des grades peuvent être utilisés jusqu'à des températures d'environ 130 °C et sont moins affectés par les conditions d'environnement défavorables (humidité).

3.1.2.2 Matériaux plaqués cuivre pour cartes imprimées souples

Certaines caractéristiques données peuvent être modifiées profondément par le système adhésif utilisé.

Lorsqu'une carte imprimée est constituée de parties rigides et de parties flexibles, les matériaux utilisés pour les cartes rigides (3.1.2.1), ceux utilisés pour les cartes flexibles (3.1.2.2), et ceux utilisés pour les multicouches (3.1.2.3), peuvent être réunis dans une construction unique.

Film de polyester

La caractéristique pour laquelle ce matériau est généralement utilisé est sa flexibilité. Sa qualité particulière est qu'il peut être chauffé de manière à former un trainard rétractable. A condition qu'un adhésif approprié soit utilisé, ce matériau peut être utilisé jusqu'à des températures de l'ordre de 80 °C à 130 °C, suivant le grade. Pendant le brasage, une attention soutenue est nécessaire parce que ce film a tendance à se ramollir et à se déformer à la température de brasage.

Il a des caractéristiques électriques excellentes, qui sont maintenues quand le matériau est exposé à une forte humidité.

Film de polyimide

Ce matériau a une bonne flexibilité et peut être brasé sans dommage à condition que l'humidité absorbée soit d'abord éliminée par préchauffage. De tels films avec enduction

Epoxide resin bonded paper

This material has certain improved properties, both electrical and non-electrical, compared with phenolic resin bonded paper, including better machinability and mechanical properties. It is suitable for use at temperatures up to approximately 90 °C to 110 °C, depending on the thickness.

Polyester resin bonded glass mat

Most mechanical properties of this material are lower than those of materials based on glass fabrics but generally higher than those of paper-based materials.

It is, however, highly resistant to impact. Its electrical properties are good over a wide frequency range and these are maintained when it is exposed to high humidity. Its resistance to tracking and arcing is dependent on the grade selected. Most grades are suitable for use at temperatures up to approximately 100 °C to 105 °C.

Epoxide resin bonded glass fabric

The mechanical properties of this material are better than paper-based materials particularly with regard to flexural strength, resistance to impact, dimensional stability in all three major axes, flatness and greater resistance to the thermal shock caused by soldering. The electrical properties of this material are also good. Most grades can be used up to temperatures of approximately 130 °C and are less affected by adverse environmental conditions (humidity).

3.1.2.2 Copper-clad base materials for flexible printed boards

Certain properties may be modified significantly by the adhesive system used.

When printed boards contain both flexible and rigid sections in the same board, materials used for rigid printed boards (3.1.2.1), flexible printed boards (3.1.2.2) and multilayer printed boards (3.1.2.3), may be combined in a single construction.

Polyester film

The characteristic for which this material is generally used is its flexibility. Its useful feature is that it can be heat set to form retractable coils. Provided that suitable adhesives are employed, this material can be used at temperatures up to approximately 80 °C to 130 °C, depending on the grade. When soldering, considerable care is needed as the film tends to soften and distort at soldering temperatures.

It has excellent electrical properties and these are well maintained when the material is exposed to high humidity.

Polyimide film

This material has good flexibility and can be safely soldered provided absorbed moisture is first removed by pre-heating. Normal adhesive bonded types can be used at up to

d'adhésifs ordinaires peuvent être utilisés jusqu'à des températures d'utilisation continue d'environ 150 °C, mais des films avec enduction d'adhésifs spéciaux fusibles, utilisant un film intermédiaire d'éthylène propylène perfluoré (FEP), peuvent être utilisés jusqu'à des températures d'environ 250 °C.

Une qualité spéciale sans adhésif est disponible pour des températures plus élevées. Les caractéristiques électriques du polyimide sont excellentes, mais sont susceptibles d'être affectées par l'humidité absorbée.

Film d'éthylène propylène perfluoré (FEP)

Ce film est normalement combiné avec un polyimide ou des fibres de verre pour former un stratifié ayant une bonne flexibilité et une stabilité aux températures de brasage n'excédant pas 250 °C, mais il peut être aussi utilisé seul. Ce matériau est un thermoplastique dont la température de fusion est d'environ 290 °C. Il a une excellente résistance à l'humidité, aux acides, aux alcalis et solvants organiques. Son principal désavantage est qu'aux températures de stratification, les pistes conductrices sont susceptibles de bouger pendant l'opération.

3.1.2.3 Adhésifs pour les cartes imprimées souples

Les adhésifs spécifiés pour le collage des couches et couches de fermeture des circuits imprimés flexibles multicouches peuvent être des thermodurcissables ou des thermoplastiques. Les adhésifs choisis doivent être compatibles avec les matériaux à assembler et avec les performances requises du circuit imprimé flexible.

Le choix d'un adhésif approprié dépend de paramètres tels que le type du circuit imprimé flexible, les exigences pour l'interconnexion, les exigences pour la flexion (statique/dynamique), la température de fonctionnement, l'humidité, le coût, etc.

3.1.2.4 Matériau pour les couches de fermeture des cartes imprimées souples

Des couches de fermeture sont utilisées sur les cartes imprimées flexibles pour enfermer les conducteurs des faces et améliorer les propriétés électriques des cartes imprimées flexibles ou en prévenir la dégradation.

La couche de fermeture et son collage sont habituellement de même nature que ceux constituant le matériau de base. La couche de fermeture choisie doit être compatible avec les matériaux utilisés et les performances requises du circuit imprimé flexible.

Pour le choix des matériaux de la couche de fermeture, voir 3.3.3.

3.1.2.5 Matériaux pour cartes imprimées multicouches

Les cartes imprimées multicouches sont constituées de couches avec impressions conductrices alternées avec des couches de matériau isolant, le nombre de couches avec impressions conductrices étant plus grand que deux. Elle sont fabriquées à partir de cartes imprimées élémentaires minces (simple ou double face) stratifiées ensemble à l'aide de feuilles de collage isolantes. Ces feuilles de collage sont des feuilles de matériau tel que le tissu de verre, imprégné avec une résine sous-polymérisée qui sera polymérisée complètement lors de l'étape finale de stratification de la carte imprimée multicouche.

approximately 150 °C continuous operating temperature, but a special fusion-bonded type, using an intermediate film of fluorinated ethylene propylene (FEP), can be used at temperatures up to approximately 250 °C.

A special purpose no adhesive version is available for higher temperatures. The electrical properties of polyimide are excellent but may be affected by moisture absorption.

Fluorinated ethylene propylene film (FEP)

This film is usually combined with polyimide or glass fibre to form laminates with good flexibility and stability at soldering temperatures not exceeding 250 °C, but it may also be used unsupported. The material is a thermoplastic with melting temperature of about 290 °C. It has excellent resistance to moisture, acids, alkalis and organic solvents. Its main disadvantage is that at laminating temperatures, during processing, the conductors are liable to move.

3.1.2.3 Adhesives for flexible printed boards

Adhesives specified for bonding of coverlayers and layers of flexible multilayer printed boards may be thermosetting or thermoplastic. The adhesive selected should be compatible with the material to be bonded and with the performance requirements of the flexible printed board.

The choice of a suitable adhesive depends on factors such as type of flexible printed board, through connection requirements, bending requirements (static/dynamic), operating temperature, humidity, cost, etc.

3.1.2.4 Coverlayer materials for flexible printed boards

Coverlayers are used in flexible printed boards to capture surface conductors and to improve and/or maintain electrical properties of the flexible printed board.

The coverlayer and adhesive system is usually the same as used in the base material. The coverlayer selected should be compatible with the materials used and with the performance requirements of the flexible printed board.

For selecting coverlayer materials see 3.3.3.

3.1.2.5 Materials for multilayer printed boards

Multilayer printed boards consist of alternate layers of conductive patterns and insulating material with conductive patterns in more than two layers. They are built up with individual thin printed boards (single-sided or double-sided) bonded together with insulating bonding sheets. These bonding sheets consist of sheet material, for example glass fabric, impregnated with a semi-cured resin which will be cured to the final stage when the multilayer printed board is being laminated.

Matériau plaqué cuivre tissu de verre-résine époxyde

Les matériaux plaqués cuivre utilisés pour les couches de cartes imprimées élémentaires minces sont fondamentalement les mêmes que ceux qui sont utilisés pour les cartes imprimées simple ou double face. Ordinairement, ils sont plus minces que les matériaux utilisés pour les cartes imprimées simple ou double face et les épaisseurs normalisées comportent une gamme au lieu de quelques épaisseurs fixes. Ils ont les mêmes caractéristiques fondamentales que les matériaux correspondants qui sont décrits plus haut.

Feuilles de tissu de verre préimprégné de résine époxyde

Les feuilles de collage sont des feuilles d'un matériau (par exemple un tissu de verre imprégné de résine sous-polymérisée) qui est complètement polymérisé au stade final quand la carte imprimée multicouche est stratifiée. Elles acquièrent donc leurs caractéristiques finales seulement après stratification. Il convient de noter, cependant, que les méthodes de fabrication et la conception de la carte imprimée multicouche peuvent avoir une influence considérable sur les propriétés du matériau.

3.1.2.6 Matériaux spéciaux et matériaux nouveaux

En plus des matériaux décrits ici, il y a des matériaux spéciaux et des matériaux nouveaux sur le marché, qui ne sont pas ou n'ont pas encore été normalisés.

NOTE - Un exemple de matériau spécial est le verre tissé-résine silicone qui est utilisable jusqu'à des températures d'environ 180 °C.

Puisque l'évolution de ces matériaux spéciaux et de ces matériaux nouveaux est en cours, aucune description générale les concernant ne peut être donnée ici. Pour leur utilisation, il est nécessaire de consulter les fournisseurs.

3.1.3 Propriétés particulières

3.1.3.1 Usinabilité

Les normes des matériaux ne donnent pas d'information sur l'usinabilité; elles mentionnent seulement que, suivant les recommandations du fabricant, les stratifiés doivent pouvoir être poinçonnés, cisailés ou percés sans décollement interlaminaire. L'usinabilité de ces différents matériaux peut, cependant, être différente. Quelques matériaux sont même disponibles dans différents grades d'usinabilité. Certains matériaux, par exemple, peuvent être poinçonnés à la température ambiante, alors que d'autres ne peuvent être poinçonnés qu'à des températures élevées. Il est donc nécessaire d'observer les recommandations du fournisseur.

3.1.3.2 Inflammabilité

Quelques matériaux sont disponibles avec une inflammabilité définie. Il y a différents grades d'inflammabilité, dont les détails sont donnés dans la spécification particulière, par exemple dans la CEI 249-2.

Il convient, toutefois, de bien remarquer que les caractéristiques d'inflammabilité des matériaux de base ne sont données qu'à titre indicatif et peuvent différer considérablement de celles des cartes imprimées terminées. La conception de la carte imprimée (par exemple les dimensions de la carte, la quantité et la distribution du métal, le nombre de couches, etc.) a une grande influence sur les caractéristiques d'inflammabilité. Normalement les cartes imprimées ont une meilleure tenue à la flamme que le matériau seul, c'est-à-dire que le risque d'incendie est plus faible. Pour de plus amples détails, voir 8.3.

Copper-clad epoxide resin bonded glass fabric

The copper-clad base materials used for the individual thin printed boards are basically the same as those used for single and double-sided printed boards. Usually they are thinner than the materials used for single and double-sided printed boards and their thickness is standardized in ranges instead of a few fixed values. They have the same basic properties as the relevant materials described above.

Epoxide resin impregnated glass fabric bonding sheets

The bonding sheets consist of sheet material (for example glass fabric impregnated with a semi-cured resin) which will be cured to the final stage when the multilayer printed board is being laminated. They show their final properties, therefore, only after lamination. It should be noted, however, that the production processes and the design of the multilayer printed board may influence the material properties considerably.

3.1.2.6 Special materials and new materials

Besides the materials described here there are special materials and new materials on the market which are not or have not yet been standardized.

NOTE - An example of a special material is the silicone resin bonded glass fabric which is suitable for temperature up to approximately 180 °C.

Since development is in progress, no general description of special materials and new materials can be given here. For the use of these materials, consultation with the supplier of the material is necessary.

3.1.3 Some particular properties

3.1.3.1 Machinability

The material standards do not contain details for the machinability. They state only that the laminates shall be capable of being punched, sheared or drilled without delamination, in accordance with the manufacturer's recommendations. The machinability of the various materials may, however, be different. Some of the materials are even available in different grades of machinability. For example, certain materials may be punched at room temperature while others can only be punched at elevated temperatures. It is, therefore, necessary to observe the supplier's recommendations.

3.1.3.2 Flammability

Some of the materials are available, with defined flammability. There are different grades of flammability. Their details are given in the relevant specification, for example in IEC 249-2.

It should duly be noted, however, that the flammability characteristics of the base material are given for guidance only and may differ considerably from those of the fully processed printed board. The design of the printed board (for example, board dimensions, amount and distribution of metal, number of layers, etc.) has a big influence on the flammability characteristic. Normally, the printed board will be better than the base materials alone, i.e. the fire risk will be lower. For further details, see 8.3.

3.2 Revêtements métalliques de finition

Les revêtements métalliques de finition sont utilisés pour protéger la surface métallique (cuivre), pour assurer sa brasabilité et, dans quelques procédés, comme épargne résistant à l'agent de gravure (par exemple dans la fabrication des cartes à trous métallisés).

Ils peuvent aussi être utilisés comme surface de contact pour les connecteurs ou comme plage d'accueil pour les composants montés en surface.

3.2.1 Matériaux

Il convient de choisir pour l'impression conductrice une finition en rapport avec l'utilisation de la carte imprimée. Le type de finition peut influencer le procédé de fabrication, les coûts de production et les caractéristiques de la carte imprimée, par exemple le comportement en stockage, la brasabilité, les caractéristiques de contact.

Des exemples de revêtements de finition largement utilisés sont donnés ci-dessous:

a) Cuivre (sans revêtement additionnel)

Utilisé pour tous les types de cartes imprimées sans prescription particulières de finition. Un revêtement de protection temporaire est généralement appliqué. Les valeurs recommandées pour l'épaisseur du revêtement en cuivre dans les trous métallisés sont données en 5.4.2.

b) Etain

Utilisé pour préserver la brasabilité. On emploie en général des épaisseurs de 5 μm à 15 μm .

c) Etain-plomb (électrodéposé brut ou fondu)

Utilisé pour préserver la brasabilité. L'épaisseur obtenue dépend du procédé utilisé: 5 μm à 25 μm généralement pour un dépôt électrolytique brut, épaisseur qui peut descendre au-dessous de 1 μm localement si ce dépôt est fondu, ou s'il est appliqué au trempé ou par le procédé au rouleau chaud. Ces zones de faible épaisseur sont principalement les angles entre pastilles et parois des trous métallisés; la brasabilité peut y être inférieure à celle des autres surfaces.

L'alliage eutectique étain-plomb, avec 63 % d'étain et le complément de plomb, a le plus bas point de fusion. Dans la pratique, la proportion acceptable d'étain s'étend de 55 % à 75 %, le reste étant du plomb.

La brasabilité des revêtements étain-plomb se dégrade progressivement au cours du stockage.

Les excès de dépôt peuvent être enlevés par jets d'air chaud ou d'huile chaude.

Il convient de noter par contre que les caractéristiques dimensionnelles (par exemple la planéité) d'une carte imprimée peuvent être modifiées par une exposition à la chaleur (telle que celle utilisée pour la fusion de l'étain-plomb électrodéposé).

d) Or

Utilisé en général sur une barrière de diffusion (par exemple de nickel), souvent pour des commutateurs ou des contacts de bord imprimés. Les caractéristiques nécessaires pour utiliser l'or comme surface de contact, telles que l'épaisseur, la dureté, la résistance au frottement, les caractéristiques de contact, etc., dépendent de nombreux facteurs (voir en 3.2.3 les remarques générales sur les contacts imprimés).

3.2 *Metallic surface finishes*

Metallic finishes are used to protect the metal (copper) surface, to provide solderability and in some processes as a resist against etchant fluids (as in plated-through hole production).

They can also be used as a contact surface for connectors or as a bonding layer for surface mounted devices.

3.2.1 *Materials*

A suitable finish for the conductive pattern should be chosen, depending on the application of the printed board. The type of the surface finish may influence the production process, the production costs and the properties of the printed board, for example shelf life, solderability, contact properties.

Examples of widely used surface finishes are given below:

a) *Copper (without additional plating)*

It is used for all kinds of printed boards without finish requirements. Usually a temporary protective coating is applied. Recommended values for the thickness of copper plating in plated-through holes are given in 5.4.2.

b) *Tin*

It is used to preserve solderability. Thicknesses of 5 μm to 15 μm are normally applied.

c) *Tin-lead (electroplated or solder)*

It is used to preserve solderability. The thickness obtained depends on the process applied. When electroplated, the thickness of the tin-lead as deposited lies usually between 5 μm and 25 μm . Where electroplated tin-lead is fused or where tin-lead is applied by solder bath or hot roller coating, the thickness may locally be below 1 μm . These areas are mainly located at the transition between land and hole-wall. The solderability at this transition may be inferior to that at other areas.

The eutectic composition of tin-lead with 63 % tin, remainder lead has the lowest melting point. In practice an acceptable range of compositions is 55 % - 75 % tin, remainder lead.

Solderability of tin-lead will gradually be impaired by storage.

Excess tin-lead plating or solder may be removed by hot air or hot oil spray.

It should be noted, however, that the dimensional characteristics (for example flatness) of a printed board may be affected by thermal exposure (such as solder fusing).

d) *Gold*

Usually on a diffusion barrier layer, for example nickel, is often used for switch and edge board contacts. The characteristics necessary for gold as a contact surface, such as thickness, hardness, wear resistance, contact properties, etc., depend on many factors, (see in 3.2.3 the general remarks on printed contacts).

L'or est parfois déposé sur des portions de l'impression conductrice autres que des contacts. Il y a alors lieu de prendre des précautions si ces zones doivent être brasées. Le brasage sur or peut poser de graves problèmes, tant du point de vue de la qualité du joint brasé que de la pollution du bain de brasage, dus au fait que l'or s'allie facilement à l'étain plomb.

e) *Autres finitions de surface*

Le palladium, le rhodium sur nickel et l'or sur étain-nickel, par exemple, sont aussi utilisés pour les contacts imprimés. Il convient de tenir compte des remarques générales concernant les contacts imprimés données en 3.2.3.

3.2.2 *Adhérence, épaisseur, porosité*

L'adhérence et l'épaisseur d'un dépôt quelconque sur l'impression conductrice peuvent être contrôlées à l'aide de l'essai 13a ou de l'essai 13b (adhérence) et de l'essai 13f (épaisseur) de la CEI 326-2. Il convient cependant de faire attention, en spécifiant la porosité selon les essais 13c, 13d ou 13e, au fait que l'applicabilité réelle et le niveau de confiance des conclusions tirées des résultats d'essai sont très limités.

3.2.3 *Contacts imprimés*

Lorsque des contacts imprimés sont utilisés, il y a lieu de prendre soin d'utiliser un type de revêtement compatible avec celui du contact de la contrepartie femelle correspondante. Aucune règle générale ne peut être donnée, car le placage approprié dépend de plusieurs facteurs dont la plupart sont interdépendants, tels que:

- le type de placage de la contrepartie;
- la conception de contrepartie (forme, pression de contact, etc.);
- l'endurance, le nombre d'opérations probables;
- les exigences électriques (par exemple résistance de contact);
- les exigences mécaniques (par exemple forces d'insertion et d'extraction);
- les conditions d'environnement.

Il convient que la surface métallique du contact imprimé soit bien lisse et ne présente aucun défaut créant une réduction des propriétés électriques ou mécaniques. Si nécessaire, cela peut être vérifié par contrôle visuel (essai 1 de la CEI 326-2). Quand seule une zone de contact limitée est importante, on peut utiliser un masque de contrôle; un exemple est donné à la figure 1.

3.3 *Revêtements non métalliques de finition*

Les revêtements non métalliques de finition sont utilisés pour protéger la carte imprimée. Des épargnes de brasage sont ajoutées pour empêcher le mouillage des conducteurs par la brasure en dehors de zones réservées pour l'établissement des connexions.

3.3.1 *Généralités*

Un nettoyage inadapté peut donner lieu à une perte d'adhérence lorsque la carte revêtue est exposée à des conditions d'humidité élevée. La perte d'adhérence commence en général à se manifester, alors, par l'apparition de points isolés ou de taches visibles à l'interface entre revêtement et substrat, qui révèlent leur séparation («mealing»).

Occasionally gold is deposited on portions of the conductive pattern other than contacts. Care should be taken when the portions are intended to be soldered. Soldering on the gold may cause severe problems for the solder joint as well as for the solder bath due to the gold alloying with the tin-lead.

e) *Other finishes*

For example, palladium, rhodium on nickel and gold on tin-nickel are also used for printed contacts. The general remarks on printed contacts given in 3.2.3 should be observed.

3.2.2 *Adhesion, thickness, porosity*

Adhesion and thickness of any plating on the conductive pattern may be verified using Test 13a or 13b (adhesion) and Test 13f (thickness) of IEC 326-2. Care should be taken, however, in specifying the porosity Tests 13c, 13d or 13e, since feasibility of application and confidence level of conclusions to be drawn from the test results are very limited.

3.2.3 *Printed contacts*

Where printed contacts are used, care should be taken to apply a type of plating compatible with the plating on the mating counterpart contact. No general rule can be given since the appropriate plating depends on several factors most of which are interrelated, for example:

- type of plating of the counterpart
- design of counterpart (shape, contact pressure, etc.);
- endurance, number of operations expected;
- electrical requirements (for example contact resistance);
- mechanical requirements (for example insertion/withdrawal forces);
- environmental conditions.

The metal surface of the printed contact should be smooth and free from defects likely to cause reduction in either electrical or mechanical properties. If necessary, this may be verified by visual examination, Test 1 of IEC 326-2. Where only a limited contact zone is important, an inspection mask may be used, an example is given in figure 1.

3.3 *Non-metallic surface finishes*

Non-metallic coating materials are used to protect the printed board. Additionally solder resists are used to prevent wetting of conductors except on areas deliberately formed for connection purposes.

3.3.1 *General*

Improper cleaning may give rise to loss of adhesion when the coated assembly is exposed to high humidity conditions. Loss of adhesion then usually starts manifesting itself by the occurrence of discrete spots or patches visible at the interface of the coating and its substrate, revealing a separation between them ("mealing").

Il est extrêmement important que les cartes imprimées soient efficacement nettoyées avant l'application de tout revêtement. La résistance d'isolement d'une carte imprimée contaminée par des substances organiques ou non ne peut pas être améliorée par un revêtement.

Un revêtement, sauf s'il est choisi et appliqué de façon appropriée, peut conduire à une dégradation de la carte imprimée au point de vue de l'inflammabilité, de la résistance d'isolement, des caractéristiques électriques en haute fréquence, etc.

3.3.2 *Revêtements de protection temporaire*

3.3.2.1 *Revêtement temporaire préservant la brasabilité*

C'est un revêtement utilisé pour préserver la brasabilité de l'impression conductrice. Il est généralement employé lorsque la surface de l'impression conductrice n'est pas couverte par un revêtement métallique bien brasable et conservant cette bonne brasabilité durant le temps nécessaire. Exemple: cuivre nu.

Selon le matériau utilisé, le revêtement de protection temporaire peut, soit être retiré avant le brasage, soit servir de flux. Les revêtements de protection temporaire non retirés avant fluxage sont à base d'une résine soluble dans le solvant du flux.

Un séchage poussé ou un stockage de longue durée, ou bien un apport important de chaleur, comme lors du brasage de la carte en phase vapeur, peut modifier certains revêtements à base de résine au point qu'ils ne se dissolvent plus suffisamment durant les quelques instants séparant le fluxage du brasage et que le résultat du brasage est dégradé.

L'épaisseur des revêtements à base de résine est généralement moindre à la jonction entre le fût du trou et la pastille. La brasabilité des trous métallisés peut se dégrader dans le temps plus rapidement à cet endroit qu'ailleurs.

Pour ces raisons, la compatibilité de ces revêtements avec les traitements prévus, c'est-à-dire les procédés de séchage, le fluxage, le brasage ou la refusion, doit être considérée soigneusement.

3.3.2.2 *Épargne de brasage temporaire*

C'est un revêtement généralement appliqué par sérigraphie avant l'opération de brasage et destiné à couvrir des zones définies de la carte imprimée pour empêcher le mouillage par l'alliage de l'impression conductrice dans ces zones.

Exemple: épargne de brasage temporaire sur les zones de la carte revêtues d'un métal noble.

En outre, de tels revêtements peuvent également être utilisés pour éviter que ces zones soient endommagées durant la fabrication et le stockage.

Les épargnes de brasage temporaires peuvent être retirées par pelage ou par immersion dans un solvant approprié, selon leur nature.

Il faut prendre soin que le revêtement soit complètement retiré.

It is most important that the printed boards are properly cleaned before applying any kind of coatings. The insulation resistance of printed boards with organic or inorganic contamination cannot be improved by a coating.

Coatings, unless properly chosen and applied, may lead to degradation of the printed board with respect to flammability, insulation resistance, electrical characteristics at high frequency, etc.

3.3.2 *Temporary protective coating*

3.3.2.1 *Temporary coating preserving solderability*

Coating used to preserve the solderability of the conductive pattern. It is usually applied where the surface of the conductive pattern is not covered by a well solderable metallic surface finish maintaining its good solderability for the necessary period of time. Example: bare copper.

Depending on the material used, the temporary protective coatings may be removed prior to soldering or may serve as flux. Temporary protective coatings which are not removed prior to fluxing are based on a resin that is soluble in the solvent of the flux.

Extensive drying and/or long storage or extensive application of heat, for example as during vapour phase soldering of the printed boards, may "cure" some resin-based coatings to a point where they no longer sufficiently dissolve in the short time between fluxing and soldering and where soldering results are degraded.

The thickness of resin-based coatings is normally lowest at the transition area between hole-wall and land. The solderability of plated-through holes may degrade there more rapidly with time than in the other areas.

For these reasons, the compatibility of the coatings with the intended processing, for example drying, fluxing, soldering or fusing method, has to be carefully considered.

3.3.2.2 *Temporary solder resist*

Coating usually applied by screen printing prior to the soldering operation and intended to cover defined portions of a printed board to prevent solder wetting of the conductive pattern in that area.

Example: temporary solder resist on circuit areas with noble metal as surface finish.

In addition, such coatings may also be used to protect those areas from being damaged during processing and storage.

Temporary solder resist may be removed by peeling-off or by immersion in appropriate solvents, depending on the resist used.

Care should be taken that the appropriate removal is complete.

3.3.3 *Revêtements de protection permanents*

3.3.3.1 *Généralités*

Il s'agit de revêtements destinés à améliorer ou à maintenir les propriétés électriques des cartes imprimées, par exemple la résistance d'isolement et la rigidité diélectrique entre conducteurs sur les faces d'une carte imprimée. Ils sont généralement constitués de matériaux stables et difficiles à rayer, et évitent donc que la surface de la carte soit endommagée. Ils sont prévus pour demeurer en permanence sur la carte imprimée durant son utilisation.

Les revêtements protecteurs permanents améliorent ou maintiennent les propriétés électriques des cartes imprimées:

- en retardant la pénétration d'humidité dans le matériau de base;
- en empêchant les dépôts contaminants entre conducteurs (par exemple contaminants qui attireraient l'humidité);
- en agissant comme diélectrique entre conducteurs;
- en agissant comme couche de protection dans, ou sur les trous métallisés (trous de connexion) qui ne demandent pas de brasage.

3.3.3.2 *Épargne de brasage permanente*

Revêtement appliqué avant l'opération de brasage et destiné à recouvrir des zones définies de la carte imprimée pour empêcher le mouillage de l'impression conductrice dans ces zones.

Contrairement aux revêtements temporaires pelables ou lavables, cette épargne de brasage n'est pas retirée après l'opération de brasage et sert de revêtement protecteur permanent. Il doit avoir des propriétés de protection appropriées en plus des caractéristiques nécessaires à son emploi comme épargne de brasage.

L'épargne de brasage destinée à servir de revêtement protecteur permanent peut être également appliquée sur le côté composants. Dans ce cas, il n'a que la fonction de revêtement protecteur permanent.

L'épargne de brasage peut être utilisée pour une ou plusieurs des raisons suivantes:

- a) pour empêcher le mouillage dans des zones définies;
- b) pour empêcher le pontage entre parties voisines de l'impression conductrice;
- c) pour concentrer l'étain-plomb sur les zones non couvertes d'épargne de l'impression conductrice afin de faciliter et d'améliorer le brasage;
- d) pour réduire la consommation de brasure et la contamination des bains;
- e) pour protéger la carte imprimée durant la fabrication;
- f) pour améliorer ou pour maintenir les propriétés électriques de la carte imprimée;
- g) pour jouer le rôle d'une barrière isolante entre le corps des composants et l'impression conductrice placée juste en dessous.

Lorsqu'une épargne de brasage est appliquée sur une impression conductrice recouverte d'un matériau qui fond durant l'opération de brasage, par exemple d'étain-plomb, l'épargne de brasage peut, après brasage, être ridée, cloquée ou écaillée.

3.3.3 *Permanent protective coatings*

3.3.3.1 *General*

Coatings to improve or maintain electrical properties of the printed board, for example the insulation resistance and the breakdown voltage between conductors on the surface of the printed board. They usually consist of durable scratch-resistant material and, hence, protect the board surface from being damaged. They are intended to remain permanently on the printed board during normal operation.

Permanent protective coating may improve or maintain electrical properties of the printed board by:

- retarding the ingress of moisture into the base material;
- preventing contamination being deposited between conductors (for example contamination that would attract moisture);
- acting as dielectric between conductors;
- acting as a protection layer in or over plated-through holes (via-holes) which do not require soldering.

3.3.3.2 *Permanent solder resist*

Coating applied prior to the soldering operation and intended to cover defined portions of a printed board to prevent solder wetting of the conductive pattern in that area.

Unlike the temporary peel-off or wash-off types, this solder resist is not removed after the soldering operation and serves as a permanent protective coating. It should have adequate protective properties in addition to the characteristics necessary when merely used as a solder resist.

Solder resist intended to be used as a permanent protective coating may also be applied to the component side. In this case it has only the function of a permanent protective coating.

Solder resist may be used for one or more of the following reasons:

- a) to prevent wetting of defined areas;
- b) to prevent bridging between adjacent parts of the conductive pattern;
- c) to concentrate the solder upon the parts of the conductive pattern not covered by solder resist to facilitate and to improve soldering;
- d) to decrease solder consumption and contamination of the solder bath;
- e) to protect the printed board during processing;
- f) to improve or maintain electrical properties of the printed board;
- g) to act as an insulating barrier between component body and underlying parts of the conductive pattern.

Where a solder resist is applied to a conductive pattern covered with a material that melts during a soldering operation, for example solder, the solder resist may show wrinkling, blistering or flaking after the soldering operation.

Ces effets peuvent être réduits en évitant par dépôt sélectif d'avoir de l'épargne de brasage sur les conducteurs étamés ou en appliquant par exemple une couche épaisse d'épargne de brasage (qui agit aussi comme barrière thermique), en utilisant une épaisseur moindre d'étamage, des conducteurs étroits et un hachurage des grandes zones conductrices.

Lorsque des rides, des cloques et des écailles ne sont pas acceptables, il convient d'utiliser d'autres solutions.

Deux types d'épargnes de brasage, essentiellement différents, sont utilisés:

- l'impression, généralement par sérigraphie, de l'épargne de brasage selon le dessin désiré sur la carte imprimée;
- l'épargne de brasage photo-imageable, par application sur la carte imprimée d'un film spécial sec ou liquide et création des impressions par exposition à la lumière (généralement UV) suivie d'un développement.

L'épargne de brasage par sérigraphie est généralement moins coûteuse mais des tolérances plus serrées peuvent être obtenues avec l'épargne de brasage photo-imageable (voir 3.3.3.4).

L'excentration des fenêtres d'accès dans l'épargne de brasage par rapport aux pastilles ainsi que les écarts sur les diamètres des fenêtres d'accès et des pastilles peuvent avoir pour résultat un recouvrement partiel de la pastille réduisant la surface disponible pour le brasage. Si nécessaire, des exigences appropriées pour les dimensions et la superposition doivent être définies par la spécification applicable.

3.3.3.3 Couches de fermeture

Couches isolantes protectrices appliquées sur les faces d'une carte imprimée. C'est normalement un film ou une feuille isolante appliquée au moyen d'un adhésif sur une carte imprimée souple. Ce peut être également une couche appliquée sur une carte imprimée rigide au moyen, par exemple, de feuilles préimprégnées et d'une polymérisation sous presse.

Les couches de fermeture recouvrent toute la surface de la carte imprimée à l'exception des fenêtres d'accès ménagées aux fins de brasage ou de connexion par contact.

Les couches de fermeture des cartes imprimées souples enferment les conducteurs et améliorent ou maintiennent les propriétés électriques et de flexibilité des cartes imprimées. Leur épaisseur est généralement de 0,025 mm, adhésif non compris, et leur instabilité dimensionnelle est reconnue. Celle-ci doit nécessairement être prise en compte pour définir la largeur minimale de la collerette convenant à une pastille pour brasage.

Les pastilles des cartes imprimées souples à trous non métallisés peuvent nécessiter des précautions s'opposant à leur séparation d'avec le matériau de base soit en ajoutant des doigts d'ancrage aux pastilles concernées soit en prévoyant un recouvrement de la couche de fermeture tout autour (voir figure 2).

Dans le cas de zones à braser très proches les unes des autres, l'emploi de fenêtres d'accès individuelles est irréalisable (par exemple dans le cas des connecteurs) et les fenêtres d'accès peuvent alors prendre les formes représentées à la figure 3. Pour les trous non métallisés, des doigts d'ancrage doivent être ajoutés aux pastilles.

Those effects may be reduced by selectively avoiding the combination of the solder resist over solder or by applying, for example thick layers of solder resist (also acting as heat barrier), thinner layers of solder, narrow conductors and cross-hatching of large conductive areas.

If wrinkling, blistering or flaking is not acceptable, alternative solutions should be employed.

There are two basically different types of solder resist used:

- printing, generally screen printing, where the solder resist is printed in the desired pattern on the printed board;
- photo-definable solder resist, where a special wet or dry film is applied to the printed board and the pattern is created by exposure to light (normally UV) and subsequent developing.

Screen printing is normally cheaper but smaller tolerances may be obtained with photo-definable solder resist (see 3.3.3.4).

Misalignment of access window in the solder resist and the land, as well as deviation in diameter of the land and the access window in the solder resist, may result in partial coverage of the land reducing the area available for soldering. Where necessary, appropriate requirements for dimensions and registration should be specified in the relevant specification.

3.3.3.3 Coverlayers

Insulating protective layers placed on the surfaces of a printed board. It is normally a film or insulating foil applied to a flexible printed board using an adhesive. It may also be a layer applied to a rigid printed board using, for example, prepregs and a lamination process.

Coverlayers cover the entire surface of the printed board except for access windows for soldering or contacting purposes.

Coverlayers of flexible printed boards capture surface conductors and improve or maintain electrical and flexing properties of the printed board. They are usually 0,025 mm thick plus an adhesive, and are considered to be dimensionally unstable. This needs to be considered when defining the minimum annular width for adequate solder land area.

On flexible printed boards, lands with unsupported holes may have to be protected against lifting from the base material either by adding anchoring tabs to the lands concerned or by a circumferential overlap with the coverlayer, as shown in figure 2.

When closely positioned solder locations make use of individual coverlayer access windows impractical (as in connector configurations), then such access windows can take the forms shown in figure 3. For unsupported holes, anchoring tabs should be added to the copper lands.

Il est déconseillé d'appliquer une couche de fermeture aux cartes imprimées souples sur des zones revêtues d'un métal qui fond lors du brasage. La couche de fermeture peut alors, après brasage, présenter des rides et/ou des cloques.

NOTES

- 1 La méthode mixte et celle des fenêtres d'accès individuelles sont les plus coûteuses. La méthode de la fenêtre d'accès commune aux pastilles d'une rangée crée un point faible où le cuivre et le support peuvent se rompre.
- 2 Il est bon que la méthode des fenêtres d'accès individuelles soit utilisée pour les cartes imprimées flexibles où la densité des pastilles est faible.
- 3 Il convient que la méthode de la fenêtre d'accès commune ou la méthode mixte soit utilisée pour les cartes imprimées flexibles où la densité des pastilles est élevée.
- 4 Il convient de toujours associer la méthode de la fenêtre d'accès commune (où les conducteurs ne sont pas couverts) à un revêtement enrobant ou à une encapsulation améliorant l'adhérence des conducteurs nus après le montage de cette partie sur l'impression conductrice.
- 5 Il convient de toujours associer la méthode mixte (où des conducteurs ne sont pas couverts) soit à un revêtement enrobant ou à une encapsulation améliorant l'adhérence des conducteurs nus après le montage de cette partie sur l'impression conductrice.

3.3.3.4 Tolérances et conception des dessins des épargnes de brasage et des couches de fermeture

La conception du produit et les exigences pour le produit fini doivent comprendre les marges nécessaires correspondant aux tolérances de dimensions et de position du procédé de fabrication des fenêtres d'accès dans les épargnes de brasage ou les couches de fermeture.

Normalement une zone définie qui ne doit pas être couverte par l'épargne de brasage ou la couche de fermeture est spécifiée (à la fois en dimension et en position) et représente la surface minimale accessible au brasage (voir figure 4). Lorsque cette surface comporte un trou destiné au montage d'un composant, une largeur minimale de la zone annulaire brasable peut, par accord entre utilisateur et fabricant, être spécifiée au lieu, ou en plus, des tolérances de dimensions et de position.

Il convient que la valeur de conception de la largeur de la fenêtre d'accès dans l'épargne de brasage ou la couche de fermeture soit égale à celle de la largeur de la surface minimale accessible au brasage majorée d'une marge de faisabilité au moins égale à la tolérance de fabrication PT1 acceptée par le fabricant de carte imprimée.

Dans de nombreux cas il n'est pas fixé de limite au recouvrement des conducteurs les plus proches des pastilles. Lorsque le recouvrement de ces conducteurs est spécifiquement requis, la valeur de conception de la largeur correspondante de la zone couverte par épargne de brasage ou la couche de fermeture doit être égale à la largeur de la zone à couvrir majorée d'une marge de faisabilité au moins égale à la tolérance de fabrication PT2 acceptée par le fabricant de cartes imprimées.

En première approximation, PT1 et PT2 peuvent être considérées comme égales.

Tolérances pour l'épargne de brasage

Les valeurs recommandées ci-après se rapportent aux circuits en verre époxyde non soumis à la fusion de l'étain-plomb.

It is not advisable to apply coverlayers to flexible printed boards over areas with metal finishes that melt during soldering operations. The coverlayer can show wrinkling and/or blistering after the soldering operation.

NOTES

- 1 The combination and individual methods are the most costly. The strip method creates a weak spot where the copper and the base material may crack.
- 2 The individual method should be used for flexible printed boards with low density lands.
- 3 Strip or combination methods should be used for flexible printed boards with high density lands.
- 4 The strip method (baring conductors) should always require the addition of conformal coating or encapsulation compounds to provide additional adhesion support for the bare conductors after the assembly of the part to the conductive pattern.
- 5 The combination method (baring conductors) should always require the addition of conformal coating or encapsulation compounds to provide additional adhesion support for the bare conductors after the assembly of the part to the conductive pattern.

3.3.3.4 *Tolerances and design of the solder resist pattern or the coverlayer*

Product design and end product requirements shall include the necessary allowance for process tolerances on position and dimensions of the access windows in the solder resist or coverlayer.

Normally a certain area that has to be free from solder resist or coverlayer is specified (both in dimensions and in position) as the minimum effective solder area (see figure 4). When this area contains a hole intended for component mounting, a minimum value for the solderable annular width, as agreed to between user and manufacturer, may be specified instead of or in addition to the tolerances on position and dimensions.

The design width of the access window in the solder resist or coverlayer should be equal to the width of the minimum effective solder area plus a process allowance equal to at least the process tolerance PT1 as agreed with the printed board manufacturer.

In many cases the extent of the coating is left open, depending upon the amount of coverage required by the conductors which are closest to the solder land. When coating of such conductors is specifically required, the design width of the corresponding solder resist or coverlayer area should be equal to the width of the area to be coated plus a process allowance equal to at least the process tolerance PT2 as agreed with the printed board manufacturer.

As a first approximation, PT1 and PT2 can be considered about equal.

Solder resist tolerances

The following guidance relates to glass-epoxide boards which have not been exposed to solder fusing.

Pour les procédés de type film photo-imageable, la tolérance de position peut être de 0,1 mm à 0,6 mm selon les dimensions de la carte et la méthode d'indexation.

Pour les procédés de type sérigraphie, la tolérance de position peut être de 0,4 mm à 1,0 mm.

Tolérances pour les couches de fermeture

Pour les procédés où la couche de fermeture préalablement percée ou poinçonnée est polymérisée sous presse, la tolérance de fabrication peut être de 0,5 mm à 1,5 mm.

Voir dans l'annexe A un exemple pratique des considérations relatives aux épargnes de brasage et à la couche de fermeture.

3.3.4 Revêtement enrobant

3.3.4.1 Généralités

Un revêtement enrobant est un matériau électriquement isolant sur une carte imprimée nue et/ou équipée de composants, constituant une barrière protectrice contre les effets nuisibles des conditions d'environnement. Correctement choisi et soigneusement appliqué, il contribuera à protéger l'assemblage des dangers suivants:

Humidité, poussières et saletés, contaminants en suspension dans l'air (par exemple fumées, vapeurs chimiques), particules conductrices (par exemple copeaux et limaille métallique), courts circuits accidentels par chute d'outils, de vis ou écrous, etc., endommagement par abrasion, empreintes digitales, vibrations et chocs (dans une certaine mesure), croissance de moisissure et réduction de la tension disruptive à pression atmosphérique réduite.

Les résines sont choisies pour satisfaire les exigences citées ci-dessus ainsi que plusieurs autres de moindre importance telles que la transparence (pour permettre la lecture des marquages sur les composants après revêtement) et la souplesse (pour éviter que les composants ne soient endommagés par les variations de température).

Certains vernis sont quelquefois utilisés comme revêtement protecteur permanent. Ils sont appliqués après l'opération de brasage et habituellement seulement sur le côté brasure.

Outre leur propriété de protection, ils peuvent avoir d'autres caractéristiques particulières. Ils peuvent, par exemple, être fluorescents pour faciliter le contrôle visuel du revêtement.

3.3.4.2 Quelques imperfections des résines de l'enrobage de protection

Du fait des propriétés essentielles exigées, certaines imperfections des revêtements enrobants sont inévitables.

Ces imperfections sont:

- a) Etant perméables à la vapeur d'eau et leur formulation ne comportant pas d'additifs destinés à empêcher la corrosion, tels que les chromates, les revêtements enrobants n'empêcheront pas la corrosion par électrolyse due aux sels présents à la surface des pièces revêtues et à ceux qui sont piégés à la surface de ces pièces sous le revêtement.

For photo-definition type processes, the positional tolerance may vary from 0,1 mm to 0,6 mm depending on the sizes of the exposed product and on the method of registration.

For screen printing type processes, the positional tolerance may vary from 0,4 mm to 1,0 mm.

Coverlayer tolerances

For processes where the pre-punched or pre-drilled coverlayer is laminated, the process tolerance may vary from 0,5 mm to 1,5 mm.

For a practical example of considerations related to solder resist or coverlayer, see annex A.

3.3.4 Conformal coating

3.3.4.1 General

Conformal coating is an electrically insulating material on a printed board and/or printed board assembly to provide a protective barrier against deleterious effects from environmental conditions. Correctly chosen, and carefully applied, conformal coating will help to protect the assembly from the following hazards:

Humidity, dust and dirt, airborne contaminants (for example smoke, chemical vapours), conductive particles (for example metal chips, filings), accidental short circuit by dropped tools, fasteners, etc., abrasion damage, fingerprints, vibration and shock (to a certain extent), mould growth and decreased flashover voltage at decreased atmospheric pressure.

Conformal coating resins are selected to fulfil the above requirements plus several other minor ones such as transparency (to permit reading component values after coating) and flexibility (to prevent damage to components in temperature cycling).

In some cases, certain varnishes are used as permanent protective coatings. They are applied after the soldering operation and usually to the solder side only.

In addition to their protective properties, they may have other special characteristics. For example, they may be fluorescent to facilitate visual inspection of coverage.

3.3.4.2 Some limitations of conformal coating resins

Because of the essential requirements, certain limitations are inherent in conformal coatings.

These limitations are:

- a) Conformal coating films, being permeable to water vapour and not being formulated with corrosion preventing fillers such as chromates, will not prevent corrosion due to active electrolytic salts on the part being coated or salts trapped on the surface of the part under the coating.

- b) Etant perméables à l'eau, les films de revêtement enrobant ont une résistance d'isolement réduite d'autant plus que leur épaisseur est augmentée. C'est particulièrement le cas pour un cordon de résine entourant un composant (tel qu'un circuit intégré).
- c) Etant constitués de matière organique et parce qu'ils remplissent les intervalles entre conducteurs, les revêtements enrobants causent une variation significative de la capacité entre ceux-ci («C»).
- d) Leur formulation étant choisie pour obtenir la transparence et la souplesse, les revêtements enrobants ont un coefficient de dilatation élevé et de ce fait peuvent exercer une force tendant à soulever certains composants et entraînant la défaillance des joints brasés.
- e) La formulation des revêtements enrobants étant choisie pour obtenir des propriétés électriques ne comporte pas d'additifs favorisant l'adhérence tels que les phosphates; en conséquence leur adhérence est médiocre sur les métaux, en particulier sur l'étain-plomb.
- f) A l'exception du paraxylène, la plupart des résines utilisées comme revêtement enrobant, comme les revêtements organiques, présentent des petits trous et des réductions d'épaisseur ponctuelles sur les parties saillantes, arêtes des pièces et bords des conducteurs.

3.3.4.3 Choix du revêtement

Les produits suivants sont utilisés dans la pratique comme revêtement enrobant:

a) Vernis oléo-résineux

Revêtement à usage général pour les conditions non contraignantes. Facile à appliquer, peut être enlevé par des solvants aisément disponibles. Facile à réparer, bon aspect.

b) Vernis acrylique

Revêtement à usage général pour les utilisations où les meilleures performances électriques sont requises. Peut être enlevé par solvant, facile à réparer, bon aspect brillant.

c) Revêtement époxyde

Revêtement à usage général pour les utilisations où les meilleures performances électriques sont requises. Le brasage est possible à travers les revêtements minces, sinon le revêtement doit être retiré par des moyens mécaniques. Peut être retouché, a un bon aspect, est plus difficile à appliquer.

d) Vernis polyuréthane

Bon revêtement dans les cas où la résistance à l'humidité et à l'abrasion sont requises. Habituellement spécifié pour les applications militaires. Le brasage est possible à travers les revêtements minces, sinon le revêtement doit être retiré par des moyens mécaniques. Peut être retouché, a un aspect un peu mat, est plus difficile à appliquer.

e) Vernis silicone

Bon revêtement lorsque de bonnes propriétés diélectriques et de résistance à l'arc sont requises. Egalement intéressant lorsque le fonctionnement à température élevée est nécessaire. Peut être retouché, bon aspect, facile à appliquer.

f) Revêtement élastique au silicone

Bon revêtement pour températures élevées avec une bonne résistance à l'abrasion. Une sous-couche est nécessaire pour une adhérence optimale. Souple, transparent, pas facile à réparer. Doit être retiré par des moyens mécaniques. Bon aspect, pas difficile à appliquer.

- b) Conformal coating films, being permeable to water, will undergo a reduction in insulation resistance as the thickness of a film increases. This is particularly the case in a fillet of resin around a component (such as an integrated circuit).
- c) Conformal coating resins, being organic and filling the voids between conductors, will cause a marked change in inter-track capacitance ("C").
- d) Conformal coating resins, being formulated for transparency and flexibility, have high coefficients of thermal expansion, so they can exert lifting force on certain components causing failure of solder joints.
- e) Conformal coating resins, being formulated for electrical characteristics, are not formulated with adhesion promoting additives (such as phosphates); therefore, they do not exhibit exceptional adhesion to metals and, in particular, to solder.
- f) Paraxylylene coatings excepted, most conformal coating resins, being similar to organic finishes, will exhibit pin-holes and thin spots on sharp points, edges of parts, and conductor edges.

3.3.4.3 Coating selection

The following materials are used in practice as conformal coating:

a) *Oleo-resin varnishes*

General purpose coatings for non-demanding conditions. Easy to apply, can be removed by readily available solvents. Easily repairable, good appearance.

b) *Acrylic varnishes*

General purpose coatings for use where the best electrical properties are required. Can be removed with solvents, easily repairable, good shiny appearance.

c) *Epoxy coatings*

General purpose coatings for use where the best electrical properties are required. Thin coatings can be "soldered through", otherwise coating must be mechanically removed. Can be patched, has a good appearance, is more difficult to apply.

d) *Polyurethane varnishes*

Good coatings where resistance to moisture and abrasion is required. Usually specified for military applications. Thin coatings can be "soldered through", otherwise coating must be mechanically removed. Can be patched, has a somewhat dull appearance, is more difficult to apply.

e) *Silicone varnishes*

Good coatings where good dielectric and arc resistance properties are required. Also of value where higher temperature operation is necessary. Can be patched, good appearance. Easy to apply.

f) *Silicone rubber coatings*

Good high temperature coatings, with good resistance against abrasion properties. Primer required for optimum adhesion. Flexible, transparent, not easily repaired. Must be mechanically removed. Good appearance, not difficult to apply.

g) *Paraxylylène*

Polymère déposé sous vide qui procure une excellente protection contre l'humidité et l'abrasion. Etant déposé à partir d'une vapeur, il constitue un réel enrobage de protection car il pénètre dans toutes les fissures et recouvre toutes les surfaces d'une couche d'épaisseur constante. Peut être déposé en couche très mince. Ne peut pas être remplacé par les technologies traditionnelles.

h) *Polystyrène*

Convient au cas où de faibles pertes diélectriques sont requises.

3.3.4.4 *Autres considérations*

a) *Rupture des joints brasés*

La présence d'un revêtement enrobant sous un composant plat peut contribuer à la rupture des joints brasés de ce composant du fait de la dilatation du revêtement. Pour cette raison, les composants plats doivent être montés en position légèrement surélevée au-dessus de la carte, et l'on doit éviter que l'intervalle ne soit rempli par le revêtement enrobant.

b) *Compatibilité*

Il convient de toujours vérifier la compatibilité entre le revêtement enrobant, les composants de la carte, les liquides de nettoyage et l'épargne de brasage s'il y en a. Il y a aussi lieu de vérifier que les températures du cycle du durcissement n'endommagent aucun des composants de l'assemblage.

c) *Précautions à prendre dans l'utilisation des solvants*

Toutes les mesures de précaution recommandées par le fournisseur doivent être suivies lorsqu'on utilise des solvants soit pour nettoyer la carte avant application du revêtement soit pour enlever le revêtement. Ces précautions, dont la liste n'est pas limitative, comprennent les conditions de stockage, la manutention des solvants, la ventilation du local où ils sont utilisés, la protection de la peau, l'élimination des solutions usées, etc.

4 Montage

Les sorties des composants ou sous-ensembles sont reliées à l'impression conductrice au moyen de:

- a) trous non métallisés avec pastilles;
- b) trous métallisés avec pastilles;
- c) trous métallisés sans pastille;
- d) pastilles sans trou (montage en surface);
- e) autres techniques, par exemple borne poinçonnée, oeillets.

Les points de connexion sont de préférence disposés selon une grille ainsi qu'il est recommandé dans la CEI 97. L'intervalle de grille est choisi de façon à convenir à l'application particulière.

Les points de connexion sont en principe disposés au croisement des lignes de la grille. La position des conducteurs, cependant, est indépendante de la grille; les conducteurs peuvent ne pas suivre obligatoirement les lignes de la grille, voir la CEI 194.

g) *Paraxylylene*

Vacuum deposited polymers which provide excellent protection against humidity and abrasion. Being deposited from a vapour, they are true conformal coatings, penetrating all crevices, and coating all surfaces with a layer of constant thickness. Can be deposited in very thin films. Cannot be replaced using conventional techniques.

h) *Polystyrene*

Suitable for use where low dielectric losses are required.

3.3.4.4 *Other considerations*

a) *Solder cracking*

Conformal coating under a flat component may contribute to solder cracking of the joints of that component by virtue of the expansion of the coating. For this reason, flat components should be mounted off the board, and filling the gap with conformal coating should be avoided.

b) *Compatibility*

Compatibility should always be checked between the conformal coating, components in the printed board assembly, any cleaning liquids and solder resist, when present. It should also be checked, that the cure cycle temperatures will not damage any components in the assembly.

c) *Caution in the use of solvents*

All safety precautions, recommended by the supplier, shall be followed when using solvents to either clean the board prior to the application of conformal coating, or for conformal coating removal. These precautions include, but are not limited to, storage conditions, handling of the solvents, proper ventilation of the area in which the solvents are used, avoidance of contact with the skin, disposal of spent solution, etc.

4 Assembly

The terminations of the components/sub-assemblies will be connected to the conductive pattern using

- a) plain holes with lands;
- b) plated-through holes with lands;
- c) landless plated-through holes;
- d) lands without holes (surface mounting);
- e) other techniques, for example punched-through pins/eyelets.

The connections should preferably be located on a grid as recommended in IEC 97. The grid spacing should be chosen so as to suit the particular application.

The connections should be located at the intersections of the grid lines. The position of the conductors, however, is independent of the grid; the conductors need not necessarily follow the grid lines. See IEC 194.

Une carte imprimée peut être connectée soit à l'aide de connecteurs rapportés, soit à l'aide de contacts d'extrémité de carte et de connecteurs femelles. Lorsqu'une carte imprimée est destinée à être utilisée avec un connecteur femelle, on applique la recommandation relative à l'épaisseur totale de la carte et aux contacts d'extrémité de carte, donnée dans la CEI 321 (première édition*).

5 Dimensions

Il convient d'éviter les tolérances trop serrées qui peuvent entraîner des difficultés et accroître les prix de revient.

5.1 Système de référence

Pour définir les dimensions et pour situer les positions des éléments de l'impression conductrice, lors de la fabrication et du contrôle, l'emploi d'un système de référence est recommandé. Lorsqu'une carte imprimée est constituée de plusieurs impressions conductrices, le même système de référence doit être utilisé pour toutes celles-ci.

Le système de référence doit, de préférence, être spécifié par le concepteur de la carte. Une méthode souvent appliquée est l'emploi de deux axes perpendiculaires. Un exemple est donné à la figure 5a.

Dans certains cas, la localisation des éléments peut requérir l'emploi de plusieurs systèmes de référence. Ce peut être le cas par exemple pour de très grandes cartes ou pour des circuits flexorigides constitués de deux parties rigides, ou plus. Les positions relatives et tolérances de ces systèmes de référence dépendent des matériaux utilisés et des exigences dimensionnelles de la carte finie. Un exemple est donné à la figure 5b.

5.2 Dimensions extérieures des cartes imprimées

Une carte imprimée peut, en principe, être d'une forme quelconque, mais une forme simple facilite souvent la fabrication.

A moins que la quantité à fabriquer ne justifie des moyens de production particuliers, les dimensions des cartes imprimées sont tributaires des moyens de production disponibles et aussi des prescriptions relatives à la stabilité.

Les tolérances qui peuvent être tenues sur les dimensions extérieures d'une carte imprimée sont les mêmes que celles qui sont habituellement attribuées pour les matériaux semblables à celui qui est utilisé comme matériau de base.

5.3 Epaisseur de la carte

Les définitions concernant l'épaisseur du matériau de base, l'épaisseur de la carte et l'épaisseur totale de la carte sont données dans la CEI 194. Il convient de limiter toute exigence sur l'épaisseur aux zones de la carte imprimée qui exigent une vérification spécifique de l'épaisseur.

L'épaisseur du diélectrique doit être définie comme étant la distance minimale mesurée qui sépare des couches conductrices consécutives.

* La prochaine édition sera désignée CEI 321-1.

A printed board may be connected using either two-part connectors or edge board contacts and an edge socket connector. If a printed board is intended to be used with edge socket connectors, the recommendation regarding the total board thickness and the edge board contacts as given in IEC 321 (first edition*) applies.

5 Dimensions

Care should be taken to avoid unnecessary tight tolerances which may cause difficulties and will then increase the costs.

5.1 Datum reference

To define dimensions and to locate pattern dimensions for manufacturing or inspection purposes, the use of a datum reference is recommended. Where a printed board contains more than one pattern, the same datum reference shall be used for all patterns.

The datum reference should preferably be specified by the designer. One method often applied is the use of two perpendicular lines. An example is shown in figure 5a.

In some instances feature locations may require the use of more than one datum references. This might occur in for example very large boards or in flex-rigid boards having two or more rigid areas. The dimensions and tolerances between the datum references depend on the materials used and on the dimensional requirements for the finished board. An example is shown in figure 5b.

5.2 Outline dimensions of printed boards

In principle, a printed board may have any shape, but a simple shape may often facilitate the production.

Unless the quantity to be manufactured justifies special production means, the size of a printed board will normally be limited by the available production facilities and also by stability requirements.

The tolerances on outline dimensions achievable for printed boards are the same as usually obtainable for laminated materials similar to those used for base materials.

5.3 Board thickness

For definitions of base material thickness, board thickness or total board thickness, see IEC 194. Any thickness requirement should be limited to those areas of the printed board that require specific thickness control.

The dielectric thickness shall be defined as the minimum distance measured between consecutive conductive layers.

* The next edition will be designated IEC 321-1.

5.3.1 Cartes imprimées rigides simple face, double face

Les valeurs préférentielles de l'épaisseur nominale des cartes sont données au tableau 2.

Tableau 2 – Epaisseurs nominales des cartes

mm	0,2	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	1,6	2,0	2,4	3,2	6,4
in	0,008	0,02	0,028	0,031	0,039	0,047	0,059	0,063	0,079	0,094	0,125	0,25

NOTE - Le tableau récapitule toutes les valeurs données dans toutes les spécifications de la CEI 249-2. Une spécification particulière de la CEI 249-2 peut réduire le nombre des valeurs admises.

Les tolérances sur l'épaisseur du matériau de base recouvert de métal sont données dans la CEI 249-2.

L'épaisseur totale de la carte est obligatoirement différente de l'épaisseur de la carte (compte tenu de la tolérance applicable) lorsqu'un placage métallique additionnel ou tout autre revêtement est appliqué.

La tolérance sur l'épaisseur totale de la carte prend de l'importance dans la zone des contacts d'extrémité de carte ou d'autres contacts imprimés, voir également la CEI 321.

5.3.2 Cartes imprimées multicouches rigides

L'épaisseur d'une carte imprimée multicouche rigide est fonction du nombre de couches, de leur épaisseur et des feuilles de collage utilisées.

On veillera par conséquent à éviter de prescrire des tolérances serrées à la fois sur l'épaisseur totale de la carte et sur l'épaisseur des couches internes, en particulier sur celles constituées par les feuilles de collage.

Il ne convient pas d'utiliser une seule feuille de collage (préimprégnée). L'emploi de deux feuilles au moins évite le risque d'une réduction de rigidité diélectrique à l'emplacement de petits trous ou défauts d'une feuille. Il est souhaitable que les deux feuilles de chaque couche de collage soient de même épaisseur et de n'employer qu'une seule épaisseur de feuille pour tous les collages même s'il est nécessaire alors d'utiliser plus de deux feuilles par endroit.

Si une carte imprimée multicouche rigide est prévue pour être utilisée avec un ou des connecteur(s) encartable(s), on applique les recommandations données dans la CEI 321, relatives à l'épaisseur totale de la carte et aux tolérances associées, dans la zone des contacts d'extrémité de carte. Pour toute information d'ordre général concernant les connecteurs encartables, se reporter à la CEI 171. L'utilisation de connecteurs rapportés peut éviter les problèmes de tolérance sur l'épaisseur totale de la carte.

5.3.3 Cartes imprimées souples, simple ou double face

Il convient que les exigences sur l'épaisseur des cartes imprimées souples simple ou double face soient similaires à celles données par la CEI 249-2 pour les matériaux de base recouverts de métal.

5.3.1 Single and double-sided rigid printed boards

The preferred values of nominal board thicknesses are given in table 2.

Table 2 – Nominal board thicknesses

mm	0,2	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	1,6	2,0	2,4	3,2	6,4
in	0,008	0,02	0,028	0,031	0,039	0,047	0,059	0,063	0,079	0,094	0,125	0,25

NOTE - The table sums up all values given in all specifications of IEC 249-2. A particular specification of IEC 249-2 may restrict the number of values allowed.

Tolerances on the thickness of metal-clad base materials are given in IEC 249-2.

The total board thickness will deviate from the board thickness (and the relevant tolerance) when additional platings or other coatings are applied.

A tolerance on the total board thickness is important in the zone of edge board contacts or other printed contacts; see also IEC 321.

5.3.2 Multilayer rigid printed boards

The board thickness of a multilayer rigid printed board depends on the number of layers, their thickness and the bonding sheets used.

Care should therefore be taken to avoid tight tolerances on both the total board thickness and internal layer thickness, particularly those relating to the bonding sheet layers.

Bonding sheets (prepreg) should not be used singly. A minimum of two sheets should be used in each bond to avoid risk of breakthrough at pinholes or defects in a single sheet. Both sheets in any bond should be the same thickness and it is desirable to use only one thickness of bonding sheet for all bonds, although more than two sheets per bond may be used where necessary.

If a rigid multilayer printed board is intended to be used with edge socket connectors, the recommendations regarding the total board thickness and associated tolerances in the zone of edge board contacts as given in IEC 321 apply. For general information on edge socket connectors, see IEC 171. The use of two-part connectors may avoid problems due to the tolerance on the total board thickness.

5.3.3 Flexible single and double-sided printed boards

The thickness requirements of flexible single and double-sided printed boards should be similar to those given in IEC 249-2 for metal-clad base materials.

L'épaisseur totale de la carte s'écartera des exigences sur les matériaux de base recouverts de métal lorsque des métallisations, revêtements, couches de fermeture ou adhésifs sont ajoutés. Il convient que les tolérances sur toutes les dimensions soient aussi peu contraignantes que possible.

5.3.4 Cartes imprimées souples multicouches

Les exigences sur l'épaisseur des cartes imprimées souples multicouches dépendent du nombre de couches, de leur épaisseur et de la nature des feuilles de collage utilisées. Il convient de tenir compte des positions des zones de masse ou de tension car elles peuvent influencer sur les exigences à l'épaisseur et la flexibilité. Il y a lieu que les tolérances sur toutes les dimensions soient aussi peu contraignantes que possible.

5.3.5 Cartes imprimées flexorigides, double face

Les exigences sur l'épaisseur des cartes imprimées flexorigides double face dépendent du matériau souple recouvert de métal utilisé, des exigences de rigidité des parties rigides et des feuilles de collage employées. Il y a lieu que les tolérances sur toutes les dimensions soient aussi peu contraignantes que possible.

5.3.6 Cartes imprimées flexorigides multicouches

Les exigences sur l'épaisseur des cartes imprimées flexorigide multicouches dépendent du nombre de couches, de leur épaisseur, des exigences de rigidité des parties rigides et de la nature des feuilles de collage employées. Il y a lieu que les tolérances sur toutes les dimensions soient aussi peu contraignantes que possible.

5.4 Dimensions des trous

Pour des raisons économiques, il convient de minimiser dans tous les cas le nombre de dimensions différentes des trous.

5.4.1 Trous non métallisés

Les diamètres nominaux recommandés et la tolérance sur ces valeurs sont donnés dans le tableau 3.

Tableau 3 – Diamètres nominaux des trous

Diamètres nominaux des trous		Tolérances	
mm	in	mm	in
0,4	0,016	±0,05	±0,002
0,5	0,020		
0,6	0,024		
0,8	0,031		
0,9	0,035		
1,0	0,039	±0,1	±0,004
1,3	0,051		
1,6	0,063		
2,0	0,079		

NOTES

1 Les dimensions indiquées se rapportent au trou fini, diamètre mesuré du trou traversant la carte.

2 Lorsque les trous sont utilisés pour la fixation mécanique de composants, leurs tolérances doivent être en rapport avec ceux-ci.

The total board thickness will deviate from the requirements for metal-clad base materials when additional platings, coatings, cover layers, or adhesives are applied. The tolerances on all dimensions should be as liberal as possible.

5.3.4 Flexible multilayer printed boards

The thickness requirements of flexible multilayer printed boards depends on the number of layers, their thickness, and the type of bonding sheets used. Consideration should be given to the location of power and earth planes since this might influence flexibility and thickness requirements. The tolerances on all dimensions should be as liberal as possible.

5.3.5 Flex-rigid double-sided printed boards

The thickness requirements for flex-rigid double-sided printed boards will depend on the flexible metal-clad base material, the stiffness requirements of the rigidized section, and the bonding sheets used. The tolerances on all dimensions should be as liberal as possible.

5.3.6 Flex-rigid multilayer printed boards

The thickness requirements of flex-rigid multilayer printed boards depends on the number of layers, their thickness, the stiffness requirements of the rigidized section, and the type of bonding sheets used. The tolerances on all dimensions should be as liberal as possible.

5.4 Dimensions of holes

The number of different hole sizes in any design should be kept to a minimum for economic reasons.

5.4.1 Plain holes

The nominal hole diameter and deviations from nominal given in table 3 are recommended.

Table 3 – Nominal hole diameters

Nominal hole diameter		Deviation	
mm	in	mm	in
0,4	0,016	±0,05	±0,002
0,5	0,020		
0,6	0,024		
0,8	0,031		
0,9	0,035		
1,0	0,039	±0,1	±0,004
1,3	0,051		
1,6	0,063		
2,0	0,079		

NOTES

1 The dimensions quoted refer to the finished hole measured as the diameter of the hole through the board.

2 Where holes are used for fixing mechanical parts, their tolerances shall be consistent with the mechanical parts in question.

5.4.2 Trous métallisés

Il est préférable que le rapport du diamètre du trou à l'épaisseur de la carte ne soit pas inférieur à 1:3. Des rapports plus faibles peuvent entraîner des difficultés de fabrication et accroître le prix de revient.

Lorsqu'un trou métallisé est destiné à assurer uniquement l'interconnexion entre faces ou l'interconnexion entre couches, la tolérance sur le diamètre du trou, particulièrement le diamètre minimal, ne présente habituellement pas une grande importance, et il n'y a pas lieu de le spécifier. Ces trous de connexion peuvent avoir des diamètres inférieurs à ceux des trous d'insertion de composant puisqu'ils n'impliquent pas le passage d'une sortie de composant.

Lorsqu'un trou métallisé est destiné à être utilisé comme trou d'insertion de composant, son diamètre minimal ne doit jamais être inférieur au diamètre minimal du trou non métallisé (de même diamètre nominal), calculé à partir des valeurs recommandées en 5.4.1 afin de s'adapter aux sorties du composant ou du sous-ensemble. Les diamètres nominaux et minimaux donnés dans le tableau 3 sont donc recommandés pour les trous métallisés pour insertion.

Le diamètre maximal d'un trou métallisé dépend de l'épaisseur de métallisation et des tolérances sur l'épaisseur de métallisation et le diamètre du trou.

Une épaisseur minimale de métallisation dans le trou est généralement spécifiée et des écarts d'épaisseur de métallisation (d'un trou à un autre) de 0 % à + 100 % sont généralement inévitables.

Il est recommandé que l'épaisseur moyenne de cuivre déposé dans un trou ne soit pas inférieure à 25 µm (0,001 in) avec une épaisseur minimale de 15 µm (0,0006 in).

5.5 Dimensions des fentes et encoches

En principe, des fentes, encoches, etc., de dimensions et formes raisonnables, peuvent être exécutées avec les matériaux semblables à celui qui est utilisé comme matériau de base.

Pour les fentes, encoches simples, etc., une tolérance de $\pm 0,1$ mm (0,004 in) est suggérée sur la largeur et la longueur.

5.6 Dimensions des conducteurs

5.6.1 Largeur des conducteurs

Il convient de choisir une largeur de conducteur aussi grande que possible en fonction de la conception ou d'un arrangement particulier de la configuration conductrice, mais suffisamment grande pour supporter l'intensité prévue (voir également 6.2).

L'exactitude que l'on peut obtenir pour une largeur de conducteur sur une carte imprimée dépend de plusieurs facteurs, par exemple la précision du cliché de production, les procédés de fabrication (méthode d'impression, application des procédés additifs ou soustractifs, méthode de dépôt électrolytique, qualité de la gravure) et l'uniformité de l'épaisseur du conducteur.

5.4.2 *Plated-through holes*

The ratio of the board thickness to the hole diameter should preferably be not more than 3:1. Larger ratios may cause production difficulties and increase the cost.

Where a plated-through hole is intended to be used for a through connection or an inter-layer connection only, the tolerance on hole diameter, particularly the minimum hole diameter, is usually not important and should therefore not be specified. Vias can have smaller diameters than component holes since no component terminations are involved.

Where a plated-through hole is intended to be used as a component hole, the minimum diameter of a plated-through hole shall never be less than the minimum diameter of the plain hole (with the same nominal diameter) as calculated from the values recommended in 5.4.1, in order to fit the terminations of the component or sub-assembly. Hence the nominal and minimum diameters given in table 3 are recommended for component holes.

The maximum diameter of a plated-through hole depends on the plating thickness and the tolerances of plating thickness and hole diameter.

Minimum hole plating thicknesses will usually be specified and deviations in plating thickness (hole to hole) of 0 % to +100 % will generally apply.

It is recommended that the average thickness of the copper plating in a hole be not less than 25 μm (0,001 in) with a minimum thickness of 15 μm (0,0006 in).

5.5 *Dimensions of slots and notches*

In principle, slots, notches etc., of any reasonable size and shape are feasible as with other laminated materials similar to those used for base materials.

For plain slots, notches etc. deviations of $\pm 0,1$ mm (0,004 in) for length and width are suggested.

5.6 *Dimensions of conductors*

5.6.1 *Conductor width*

The conductor width should normally be chosen as large as possible for the particular design or lay-out of the conductive pattern but at least large enough for the current load to be expected (see 6.2).

The accuracy of the conductor width obtainable on the board depends on several factors, for example the accuracy of the production master, the production process (method of printing, application of additive or subtractive process, method of plating, quality of etching) and the uniformity of the conductor thickness.

Pour prescrire une largeur de conducteur, on peut spécifier soit les tolérances, c'est-à-dire la largeur de conception et l'écart admissible, soit les conditions minimales.

5.6.1.1 Tolérances

Dans le cas de l'utilisation de tolérances, il est spécifié, après accord entre fabricant et utilisateur, quelle est la largeur de conception à laquelle s'appliquent les écarts admissibles.

NOTE - La largeur prise comme référence est souvent celle du cliché fourni par l'utilisateur ou celle du cliché original de production du fabricant.

On trouvera, ci-après, les tolérances admissibles recommandées, indépendantes de la largeur du conducteur:

Tableau 4 – Tolérances

		Très serrée	Serrée	Normale	Large
Procédé ne comportant normalement pas de dépôt électrolytique	mm	+0,03 -0,05	+0,05 -0,1	+0,1 -0,13	+0,15 -0,25
	in	+0,001 -0,002	+0,002 -0,004	+0,004 -0,005	+0,006 -0,01
Procédé comportant normalement un dépôt électrolytique	mm	+0,03 -0,05	+0,03 -0,05	+0,15 -0,1	+0,03 -0,2
	in	+0,001 -0,002	+0,003 -0,002	+0,006 -0,004	+0,012 -0,008

Ces tolérances sont fondées sur une épaisseur de 35 µm (0,0014 in) de la couche de cuivre de base et une épaisseur normale de dépôt électrolytique. Toute épaisseur différente de métal peut exiger des tolérances différentes.

Un écart systématique de la largeur du conducteur, dû à l'application d'un procédé donné, peut aussi être compensé par une modification correspondante de la largeur du conducteur sur le dessin modèle.

Des imperfections telles que déchirures de métal, piqûres, défauts de trous ou des bords ne sont pas comprises dans ces écarts mais peuvent survenir. Ces imperfections sont normalement acceptables pourvu que la largeur du conducteur ne soit pas réduite d'une quantité supérieure à une valeur, habituellement 20 % ou 35 %, spécifié dans la spécification applicable. On doit tenir compte de ces imperfections si l'on utilise un courant de régime d'intensité élevée.

5.6.1.2 Conditions minimales

Dans certains cas, la seule spécification de conditions minimales est suffisante et même plus commode, et convient mieux aux exigences réelles.

Si les conditions minimales sont utilisées, la largeur minimale admise du conducteur doit être spécifiée. Il doit aussi être indiqué s'il est exclu que la largeur minimale spécifiée puisse être réduite ou s'il est admis que des imperfections, telles que déchirures, piqûres, trous ou défaut de bord, réduisent davantage la largeur minimale spécifiée du conducteur.

To specify conductor width, either tolerances, i.e. design width and permissible deviation, or minimum conditions may be specified.

5.6.1.1 Tolerances

If tolerances are to be used, it shall be specified and agreed between manufacturer and user, which width shall be the design width to which the permissible deviations are related.

NOTE - The width is often specified in the user's artwork or the manufacturer's production master.

Independent of the conductor width the permissible deviations given in table 4 are recommended:

Table 4 – Tolerances

		Extra fine	Fine	Normal	Coarse
Normally no plating process included	mm	+0,03 -0,05	+0,05 -0,1	+0,1 -0,13	+0,15 -0,25
	in	+0,001 -0,002	+0,002 -0,004	+0,004 -0,005	+0,006 -0,01
Normally plated on metal is used	mm	+0,03 -0,05	+0,08 -0,05	+0,15 -0,1	+0,03 -0,2
	in	+0,001 -0,002	+0,003 -0,002	+0,006 -0,004	+0,012 -0,008

These deviations are based on 35 µm (0,0014 in) basic copper thickness and a normal plating thickness. Any other thickness of metal may require different tolerances.

A systematic deviation of the conductor width caused by a given process may also be compensated by a corresponding change of the conductor width in the artwork.

Imperfections, such as nicks, pin-holes, holes or edge defects are not included in these deviations, but may occur. These imperfections are normally acceptable provided the conductor width is not reduced by more than an amount, usually 20 % or 35 %, as specified in the relevant specification. If the current-carrying capacity is utilized to a high degree, the imperfections must be duly taken into account.

5.6.1.2 Minimum conditions

In certain cases it will be sufficient and even easier and better compatible with the actual requirements to specify minimum conditions only.

If minimum conditions are to be used, the minimum conductor width permitted must be specified. It shall also be stated whether the minimum conductor width specified is the absolutely irreducible minimum value or whether imperfections, such as nicks, pin-holes, holes or edge defects are permitted to reduce the specified minimum conductor width additionally.

5.6.2 Espacement des conducteurs

Il convient que l'espacement des conducteurs contigus soit suffisamment grand pour satisfaire aux conditions de sécurité du point de vue électrique et aussi grand que possible pour faciliter la fabrication et la manipulation.

Il y a lieu de choisir l'espacement minimal pour au moins satisfaire aux conditions de tension appliquée. Cette tension peut comprendre la tension normale de fonctionnement et l'ondulation additionnelle, les surtensions, les chocs ou crêtes qui peuvent intervenir de façon répétée ou sporadique en fonctionnement normal ou dans l'éventualité d'un fonctionnement défectueux. Il doit être tenu compte, en conséquence, des prescriptions de sécurité applicables ou spécifiées. Des renseignements sur la relation entre l'espacement des conducteurs et la tension appliquée sont donnés en 6.4.

L'espacement réel peut se trouver réduit si la spécification applicable autorise la présence de particules entre conducteurs. On doit tenir compte de façon appropriée de toute réduction de l'espacement due à la présence de particules métalliques entre les conducteurs lorsqu'on traite du problème de la tension.

Un espacement au-dessus d'une certaine valeur, par exemple 0,5 mm (0,02 in), peut faciliter la manipulation et la fabrication. Par exemple l'influence des écarts et des imperfections est moindre, le danger d'un pontage durant l'opération de brasage est plus faible, etc.

NOTE - La valeur indique seulement la tendance et non une limite. Une valeur limite applicable d'une manière générale ne peut être donnée car elle dépend trop des procédés utilisés et des moyens de production disponibles.

5.6.2.1 Tolérances

Comme la tolérance sur les espacements de conducteurs dépend non seulement des écarts sur l'emplacement du conducteur mais aussi des écarts sur la largeur du conducteur, ces tolérances ne peuvent être spécifiées que si l'on spécifie aussi les tolérances sur la largeur du conducteur.

La relation entre l'espacement nominal et l'espacement minimal est donnée par la formule suivante:

$$d_{\min} = d_{\text{nom}} - \Delta d$$

où

$d_{\min}$ = espacement minimal des conducteurs;

d_{nom} = espacement nominal entre conducteurs comme sur le cliché de production;

Δd = influence de l'écart de la largeur du conducteur.

- Δd est égal au double du plus grand écart (en valeur positive) admis pour la largeur du conducteur s'il est vraisemblable que cet écart élargit le conducteur sur un seul bord.
- Δd est égal à la valeur du plus grand écart (en valeur positive) admis pour la largeur du conducteur s'il est vraisemblable que cet écart élargit le conducteur sur les deux bords de façon égale.

5.6.2.2 Conditions minimales

Dans certains cas, seule la spécification de conditions minimales est suffisante et même plus commode et convient mieux aux exigences réelles. Si les conditions minimales sont spécifiées pour la largeur du conducteur, on peut ne spécifier que des conditions minimales pour l'espacement.

5.6.2 Spacing between conductors

The spacing between adjacent conductors should be as wide as necessary to suit the electrical safety requirements, and as wide as possible to facilitate handling and production.

The minimum spacing should be chosen at least so as to be suitable for the voltage supplied. This voltage may embrace the normal operating voltage and additional ripple, over-voltage, surges or peaks that may occur repeatedly or sporadically during normal operation or in the event of malfunction. The applicable or specified safety requirements shall be accordingly taken into account. Some information on the relation between conductor spacing and applicable voltage is given in 6.4.

The effective spacing will perhaps be reduced if the relevant specification permits particles between conductors. Any reduction of the spacing due to metallic particles between conductors shall duly be taken into account when considering the voltage problem.

A spacing over a certain value, for example 0,5 mm (0,02 in), may facilitate handling and production. For instance, the influence of deviations and imperfections is smaller, there is less danger of bridging during the soldering operation, etc.

NOTE - The value is only meant to show the tendency, not a limit. A generally applicable limiting value cannot be given, since it depends too much on the processes used and the available production facilities.

5.6.2.1 Tolerances

Since the tolerance on conductor spacing depends not only on the positional deviations of the conductor but also on the deviation of the conductor width, tolerances for the spacing between conductors can only be specified if tolerances are specified for the conductor width also.

The relation between nominal spacing and minimum spacing is given by the following formula:

$$d_{\min} = d_{\text{nom}} - \Delta d$$

where

$d_{\min}$ = minimum spacing of conductors;

d_{nom} = nominal spacing between conductors as in the production master;

Δd = the influence of the deviation of the conductor width.

- a) Δd is twice the value of the upper (plus) deviation allowed for the conductor width, if the deviation is likely to enlarge the conductor only on one side.
- b) Δd is equal to the value of the upper (plus) deviation allowed for the conductor width, if the deviation is likely to enlarge the conductor evenly on both sides.

5.6.2.2 Minimum conditions

In certain cases it will be sufficient and even easier and better compatible with the actual requirements to specify minimum conditions only. If minimum conditions are specified for the conductor width, only minimum conditions can be specified for the spacing.

Si les conditions minimales sont utilisées, l'espacement minimal admis des conducteurs doit être spécifié. Il doit aussi être indiqué s'il est exclu que l'espacement minimal spécifié puisse être réduit ou s'il est admis que des imperfections, telles que des particules entre conducteurs, réduisent davantage l'espacement minimal spécifié du conducteur.

Il ne convient pas que les conducteurs et pastilles des couches internes soient situés à moins de 2 mm des bords de la carte terminée.

5.6.3 Position de l'impression et des trous

Autant que possible tous les trous seront situés sur une grille comme spécifié par la CEI 97.

En règle générale pour les cartes en stratifié verre-époxyde, la distance minimale entre le bord d'un trou et le bord de la carte ne doit pas être inférieure à l'épaisseur de la carte. Pour les cartes en papier phénolique une distance de 1,5 fois l'épaisseur de la carte est suggérée.

5.6.3.1 Tolérance de position des centres de trous

La tolérance de position spécifie le diamètre d'un cylindre dont l'axe est à la position spécifiée du trou et dans lequel l'axe du trou réel doit être contenu.

L'écart sur la position qui peut être obtenue en pratique dépend principalement des moyens et méthodes de fabrication. Les tolérances données au tableau 5 sont recommandées.

Tableau 5 – Tolérances de position

Tolérances de position (diamètre) pour les distances entre les trous et pastilles et le point de référence						
Type de tolérance	Carte imprimées (distances diagonales maximales)					
	Jusqu'à 300 mm (12 in) inclus		Au-delà de 300 mm (12 in) jusqu'à 450 mm (18 in) inclus		Au-delà de 450 mm (18 in)	
	mm	in	mm	in	mm	in
Très serrée	0,05	0,002	0,1	0,004	0,15	0,006
Serrée	0,1	0,004	0,15	0,006	0,2	0,008
Normale	0,2	0,008	0,3	0,012	0,4	0,016
Large	0,4	0,016	0,5	0,020	0,6	0,024

En règle générale, la tolérance de position requise pour l'insertion automatique des composants est la tolérance très serrée indiquée dans le tableau 5.

5.6.3.2 Distance entre trous

L'écart sur la distance entre deux trous est la moitié de la somme des tolérances définies en 5.6.3.1.

NOTE - Ecart = $\frac{(\text{tolérance de position du trou 1} + \text{tolérance de position du trou 2})}{2}$

If minimum conditions are to be used, the minimum conductor spacing permitted must be specified. It must also be stated whether the minimum conductor spacing specified is the absolutely irreducible minimum value or whether imperfections such as particles between the conductors are permitted to reduce the specified minimum conductor spacing additionally.

Inner layer conductors or lands should not be designed to be closer than 2 mm to the finished and profiled edge of the board.

5.6.3 Position of patterns and holes

Whenever possible all holes should be on a grid specified in IEC 97.

As a general rule for boards based on epoxy glass, the minimum distance from hole edge to board edge should be not less than the board thickness. For paper phenolic based boards a minimum of 1,5 x board thickness is suggested.

5.6.3.1 Positional tolerance of hole centres

The positional tolerance specifies the diameter of a cylinder whose axis is at the specified position of the hole and in which the centre of the actual hole must be contained.

The positional tolerance obtainable in practice depends mainly on the manufacturing method and facilities. The position tolerances given in table 5 are recommended.

Table 5 - Positional tolerances

Positional tolerances (diameter) for distances from data references to the holes and lands						
Type of tolerance	Printed boards (maximum diagonal distance)					
	Up to and including 300 mm (12 in)		Over 300 mm (12 in) up to and including 450 mm (18 in)		Over 450 mm (18 in)	
	mm	in	mm	in	mm	in
Extra fine	0,05	0,002	0,1	0,004	0,15	0,006
Fine	0,1	0,004	0,15	0,006	0,2	0,008
Normal	0,2	0,008	0,3	0,012	0,4	0,016
Coarse	0,4	0,016	0,5	0,020	0,6	0,024

For general guidance, the positional tolerance required for automatic component insertion shall be the extra fine tolerances given in table 5.

5.6.3.2 Distance between holes

The deviation on the distance between any two holes will be one half of the sum of the tolerance given in 5.6.3.1.

NOTE - Deviation = $\frac{(\text{positional tolerance hole 1} + \text{positional tolerance hole 2})}{2}$

5.6.3.3 Excentration des trous et des pastilles

L'excentration des trous et des pastilles se produit normalement sur les cartes imprimées qui utilisent ces éléments car l'impression conductrice et la configuration de perçage sont le résultat d'étapes différentes de la fabrication. L'application du même système de référence pour les deux configurations ainsi qu'il est recommandé en 5.1 réduira cette excentration mais ne l'éliminera pas.

Si la spécification applicable ne la prescrit pas ou si la valeur limite qu'elle prescrit n'est pas acceptable pour un projet particulier, le concepteur devra spécifier cette caractéristique importante en tenant compte des exigences particulières de son projet.

5.6.3.4 Dimension des pastilles (couches externes)

Il convient que chaque trou pour composant, où des connexions électriques sont requises, soit pourvu d'une pastille. Pour faciliter la maintenance, et pour assurer une forte adhérence au substrat, la pastille entourant un trou est choisie aussi grande que le permettent les exigences du brasage. En général les trous non métallisés nécessitent de plus grandes pastilles que les trous métallisés.

Sur une carte double face à trous métallisés il convient que des pastilles soient disposées sur les deux faces autour de chacun des trous métallisés où aboutissent des conducteurs. Lorsqu'un trou de connexion (via) de diamètre inférieur à la largeur du conducteur est percé dans celui-ci et rempli d'alliage lors du brasage simultané, une pastille n'est pas nécessaire. Cependant le concepteur a la responsabilité de s'assurer que la largeur du conducteur restant autour du trou est compatible avec les exigences de courant et avec les tolérances de position généralement admises en fabrication.

Lorsqu'un trou métallisé ainsi percé dans un conducteur n'est pas pourvu d'une pastille il y a lieu qu'un moyen de localisation de son centre soit fourni au fabricant du circuit.

Pour faciliter le brasage simultané il est préférable d'éviter les grandes surfaces de cuivre (voir aussi paragraphe 8.1).

Il y a lieu que les dimensions des pastilles sur une carte imprimée double face aient les valeurs minimales suivantes:

$D-d = 1,0 \text{ mm}$ minimum pour les trous non métallisés

$D-d = 0,5 \text{ mm}$ minimum pour les trous métallisés

où

D = diamètre de la pastille

d = diamètre du trou

Le rapport $\frac{D}{d}$ pour ces pastilles (côté composant et côté brasure) doit de préférence être tel que:

$\frac{D}{d} = 2,5 \text{ à } 3,0$ pour les trous non métallisés, carte en papier phénolique;

$\frac{D}{d} = 2,5 \text{ à } 3,0$ pour les trous non métallisés, carte en verre époxyde;

$\frac{D}{d} = 1,5 \text{ à } 2,0$ pour les trous métallisés.

5.6.3.3 Misalignment of hole and land

For printed boards using holes and lands, misalignment of hole and land will normally occur since the conductive pattern and the hole pattern are made in different production steps. The application of the same datum reference for both patterns as recommended in 5.1 will reduce the misalignment but cannot eliminate it.

If not specified by the relevant specification or if the limiting value specified there is not acceptable for a particular design, the designer should specify this important feature taking into account the requirements of his particular design.

5.6.3.4 Land size (external layers)

A land should be provided for all component holes where electrical connections are required. To ease maintenance problems, and ensure a strong bond with the base laminate the land around a hole should be kept as large as possible consistent with soldering requirements. In general, plain holes require larger lands than plated-through holes.

On double-sided printed boards with plated-through holes, lands should be provided on both sides of each plated-through hole where conductors terminate. Where via holes are included in the width of a conductor, and are filled with solder during mass soldering, lands are not required. However, it is the responsibility of the design engineer to ensure that the remaining conductor around the hole is consistent with the designed current requirements and the position tolerances related to the manufacturing.

Where plated-through holes are included in the width of a conductor but not provided with a land, a means of identifying the hole centre should be provided for the printed board manufacturer.

To facilitate the mass soldering operation, large areas of copper should be avoided (see also 8.1).

The land dimensions on a double-sided printed board should have the following minimum dimensions:

$D-d = 1,0$ mm minimum for plain holes

$D-d = 0,5$ mm minimum for plated-through holes

where

D = diameter of land

d = diameter of hole

The ratio $\frac{D}{d}$ for these lands (component side and soldering side) should preferably be such that:

$$\frac{D}{d} = 2,5 \text{ to } 3,0 \text{ for plain holes, phenolic paper boards;}$$

$$\frac{D}{d} = 2,5 \text{ to } 3,0 \text{ for plain holes, glass epoxy boards;}$$

$$\frac{D}{d} = 1,5 \text{ to } 2,0 \text{ for plated-through holes.}$$

Les pastilles symétriques (par rapport au trou) sont préférables sur les deux faces, mais des pastilles asymétriques (ou plus grandes que celles indiquées ci-dessus) sont acceptables.

5.6.3.5 Position de l'impression par rapport au système de référence (concordance)

Cela ne nécessite normalement pas d'être spécifié pour les cartes imprimées simple et double faces comportant des trous et des pastilles, car la caractéristique importante dans ce cas est la relation entre l'impression et les trous, relation qui commande la largeur radiale minimale des pastilles.

Cependant pour les autres types de cartes imprimées, particulièrement pour les cartes imprimées utilisant les trous sans pastille et pour les cartes imprimées minces destinées à être utilisées comme couches d'une carte imprimée multicouche, la position de l'impression par rapport au système de référence peut être importante. Dans certains cas elle peut même constituer l'unique possibilité de vérifier les cartes imprimées minces avant la fabrication du multicouche.

Lorsque la concordance de l'impression avec le système de référence est spécifiée, les tolérances suivantes sont recommandées:

Serrée	$\pm 0,05$ mm (0,002 in)
Normale	$\pm 0,1$ mm (0,004 in)
Large	$\pm 0,25$ mm (0,01 in).

5.6.3.6 Concordance entre faces

Cela ne nécessite pas d'être spécifié séparément. La valeur peut être obtenue à partir de la tolérance de la position de l'impression par rapport à la donnée de référence. La tolérance de la concordance entre faces est le double de la tolérance spécifiée pour la position de l'impression conductrice par rapport à la donnée de référence.

5.6.3.7 Position des couches de fermeture et des fenêtres d'accès

La formation du joint brasé sur les cartes imprimées flexibles est influencée par la dimension relative de la pastille, du trou d'accès dans la couche de fermeture et du trou. Si le recouvrement des bords de la pastille par la couche de fermeture risque d'empêcher un brasage adéquat, des doigts d'ancrage peuvent être ajoutés à la pastille pour aider à éviter que celle-ci se décolle du matériau de base.

5.7 Stabilité dimensionnelle

Les variations dimensionnelles des cartes imprimées dépendent d'une part du matériau choisi et des dimensions de la carte ou du panneau et, d'autre part, du procédé de fabrication.

Il y a lieu que les valeurs et tolérances en largeur et longueur sur une carte imprimée tiennent compte de la stabilité dimensionnelle de la carte à fabriquer.

La stabilité dimensionnelle prend une importance particulière lorsque l'utilisation de techniques d'insertion ou remplacement automatique des composants sont envisagés pour l'assemblage.

Symmetrical lands (with respect to the holes) are preferred on both the component and solder sides, but asymmetrical lands (or lands greater than those above) are acceptable.

5.6.3.5 *Pattern position relative to datum reference (registration)*

This need not be specified for single and double-sided printed boards using holes and lands, as the important feature in this case is the relationship between pattern and holes, which controls the minimum radial land width.

For other types of printed board, however, particularly for printed boards using landless holes and for the thin printed boards intended to be used as layers of a multilayer printed board, the pattern position relative to the datum reference may be important. This may even be the only possibility to test the thin printed board before the multilayer printed board is made.

Where the registration of pattern position relative to a datum reference is specified, the following deviations are recommended:

Fine	$\pm 0,05$ mm (0,002 in)
Normal	$\pm 0,1$ mm (0,004 in)
Coarse	$\pm 0,25$ mm (0,01 in)

5.6.3.6 *Side-to-side pattern registration*

This need not be specified separately. The value may be obtained from the deviations specified for the pattern position relative to the datum reference. Side-to-side pattern registration deviation will be twice the deviation specified for the pattern position relative to the datum reference.

5.6.3.7 *Position of cover layers and access window*

The formation of the solder joint on flexible printed boards is affected by the size of the land and the size of the access window in the cover layer in relation to the size of hole and land. If overlap of the cover layer would prevent adequate soldering, anchoring tabs may be added to the lands to help prevent lifting of the land from the base material.

5.7 *Dimensional stability*

Dimensional changes in printed boards depend in part on the materials selected, the physical size of the board and/or panel, and the process.

Dimensions and tolerances on length and width on printed boards should reflect considerations for dimensional stability of the board to be fabricated.

The dimensional stability becomes especially important where automatic component insertion or replacement techniques are being considered for use in assembly.

Les matériaux rigides à base de papier sont en général moins stables que ceux à base de verre. Les matériaux souples sont habituellement moins stables que les matériaux rigides.

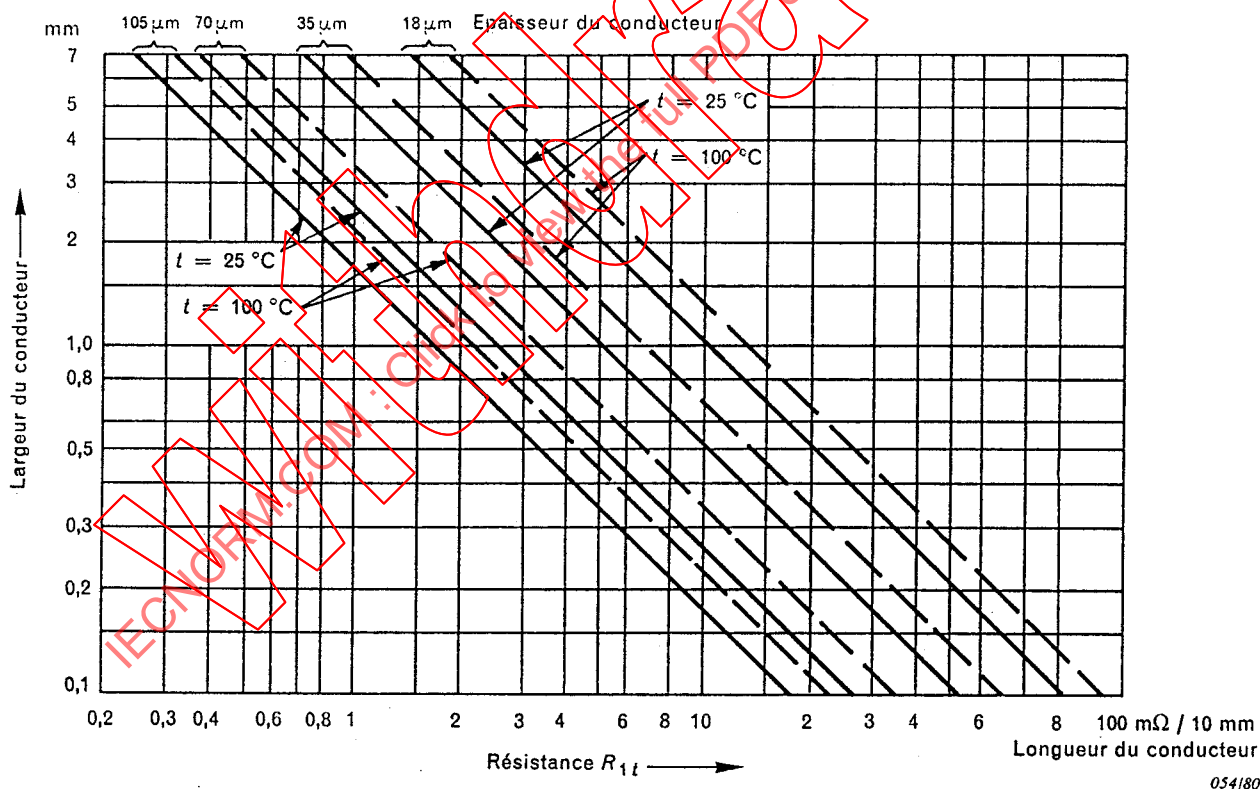
Des variations dimensionnelles peuvent apparaître au cours de la gravure ou peuvent être dues à de l'absorption ou de l'évacuation d'humidité mais d'autres opérations impliquant un échauffement ont habituellement l'influence la plus grande. Les procédés impliquant des températures élevées (par exemple la fusion de l'étain-plomb) ont un effet plus important que les opérations mettant en oeuvre de plus basses températures (par exemple le durcissement de l'épargne de brasage).

6 Caractéristiques électriques

6.1 Résistance

6.1.1 Résistance des conducteurs

La résistance des conducteurs doit être déterminée si elle présente de l'importance. Le diagramme de conversion ci-après donne la corrélation entre la largeur du conducteur, l'épaisseur, la température et la résistance pour une longueur de 10 mm d'un conducteur de cuivre de résistivité $\rho = 1,8 \times 10^{-6} \Omega\text{cm}$ de largeur constante.



Les revêtements électrolytiques minces, particulièrement de matériaux ayant une résistivité supérieure à celle du cuivre comme le nickel, l'or ou l'étain, peuvent être négligés dans beaucoup de cas, car ils ont normalement peu d'influence.

On doit cependant tenir compte de façon appropriée des revêtements électrolytiques épais de matériaux de résistivité relativement faible, par exemple le cuivre déposé généralement

Paper based rigid materials are generally less stable than glass based rigid materials. Flexible base materials are usually less stable than rigid materials.

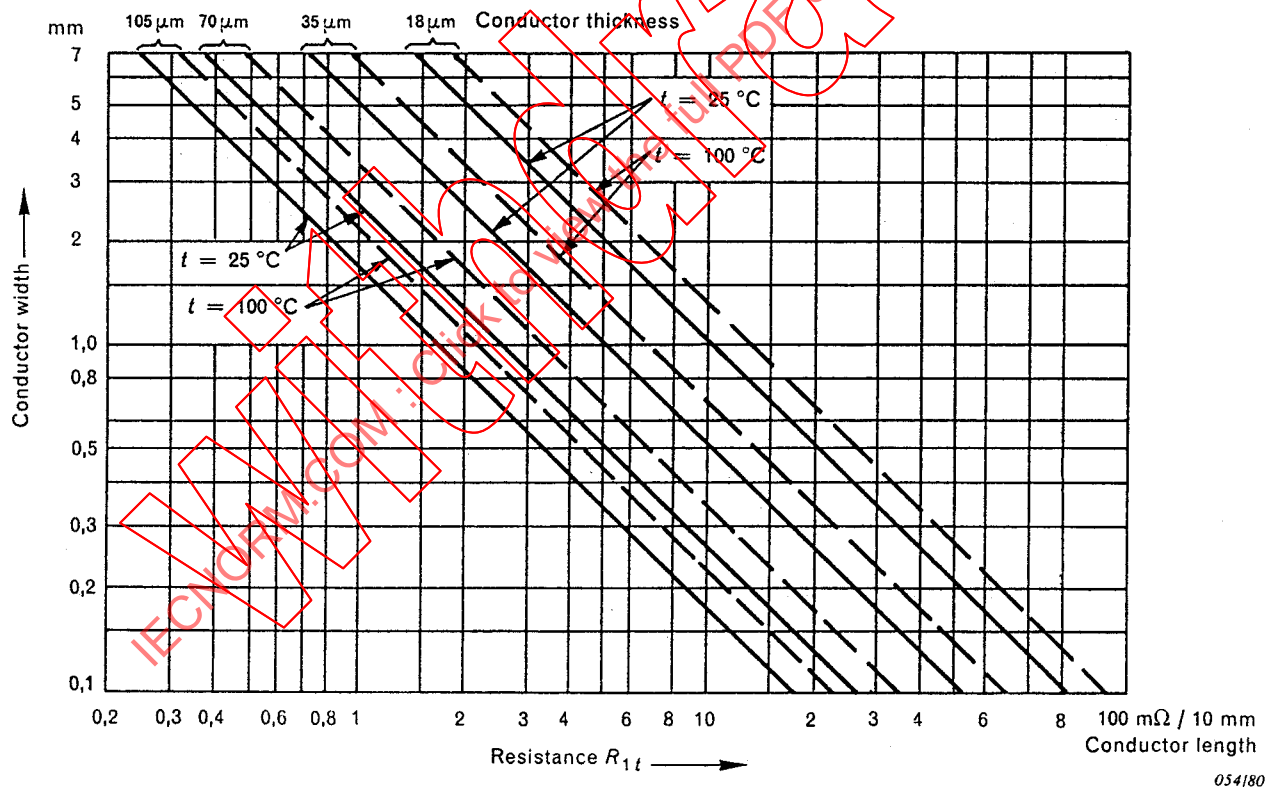
Dimensional changes due to etching or to absorption/release of moisture may occur, but other operations involving heat normally have the largest influence. Processing involving high temperature (for example tin-lead fusing) have a greater effect than processing at lower temperature (for example curing of solder resist).

6 Electrical characteristics

6.1 Resistance

6.1.1 Resistance of conductors

If important, the resistance of conductors shall be determined. For copper as conductive material having a resistivity of $\rho = 1,8 \times 10^{-6} \Omega\text{cm}$ and conductors of constant width, the following conversion chart gives the correlation between conductor width, thickness and temperature and the resistance per 10 mm conductor length.



Thin platings, particularly of materials having a resistivity higher than copper, for example nickel, gold or tin, can be disregarded in many cases, as they are normally of little influence.

Thick platings of materials having relatively low resistivity, for example copper plating usually present on printed boards with plated-through holes, must duly be taken into

présent sur les cartes imprimées à trous métallisés. Lorsqu'une estimation grossière est suffisante, on peut évaluer la résistance du conducteur avec dépôt additionnel de cuivre épais en ajoutant l'épaisseur du dépôt à l'épaisseur de la feuille de cuivre et estimer la résistance à l'aide du diagramme de conversion.

Pour des feuilles conductrices en matériau autre que le cuivre ou des formes différentes de conducteurs, la résistance du conducteur doit être calculée si elle est requise.

6.1.2 Résistance des interconnexions

La résistance d'une interconnexion entre deux trous métallisés d'une carte imprimée multicouche comprend normalement:

- la résistance de la métallisation d'un trou métallisé: R_1 ;
- la résistance de la connexion entre cette métallisation et un conducteur d'une couche interne: R_2 ;
- la résistance de ce conducteur: R_3 ;
- la résistance de la connexion entre ce conducteur et la métallisation d'un deuxième trou métallisé: R_4 ;
- la résistance de cette métallisation: R_5 .

Les diverses résistances contribuant à la valeur totale ne sont pas accessibles normalement.

La résistance des interconnexions doit être déterminée si elle présente de l'importance. Tandis que la part de résistance d'interconnexion due au conducteur peut être établie ainsi qu'il est décrit en 6.1.1, la résistance totale d'interconnexion ne peut être déterminée que par une mesure électrique. Une méthode d'essai convenant à cette mesure est recommandée dans la CEI 326-2.

Il peut être avantageux d'introduire cet essai et les exigences dans la spécification applicable, même si la valeur de la résistance d'interconnexion ne présente pas d'importance pour le circuit électrique car les résultats de la mesure donnent une indication de la qualité des procédés utilisés dans la fabrication.

6.1.3 Résistance des trous métallisés

La valeur de la résistance d'un trou métallisé peut être importante pour le circuit électrique particulièrement dans le cas de trous de connexion enterrés qui normalement sont seulement constitués du dépôt de cuivre. Il est intéressant par conséquent d'introduire dans la spécification applicable l'essai, et les exigences, de variation de résistance lors des cycles thermiques car cela donne une indication de la qualité du procédé de métallisation utilisé pour la fabrication.

Lorsqu'une carte métallisée est chauffée, par exemple par immersion dans un bain d'huile chaude, la résistance de la métallisation du trou métallisé s'élève:

- a) en raison de l'influence de la température sur la résistance; ce processus est généralement réversible;
- b) en raison d'une métallisation défectueuse; dans ce cas, la variation de résistance peut être réversible mais supérieure à la normale; mais elle peut aussi être irréversible dans une certaine mesure, conservant une certaine variation permanente de résistance après chaque cycle thermique.

account. Where a rough estimation is sufficient, the resistance of a conductor with additional thick copper plating may be evaluated by adding the plating thickness to the thickness of the copper foil and estimating the resistance from the conversion chart.

For conductive foil materials other than copper, or other shapes of the conductor, the resistance of the conductor has to be calculated, if required.

6.1.2 *Resistance of interconnections*

The resistance of an interconnection between two plated-through holes on a multilayer printed board is normally made up of the following parts:

- the resistance R_1 of the plating in a plated-through hole;
- the resistance R_2 of the connection between that plating and a conductor on an internal layer;
- the resistance R_3 of that conductor;
- the resistance R_4 of the connection between that conductor and the plating in a second plated-through hole;
- the resistance R_5 of that plating.

The parts contributing to the total value are normally not accessible.

If important, the resistance of the interconnections shall be determined. While the conductor part of the interconnection resistance may be determined as described in 6.1.1, the total interconnection resistance can be determined only by electrical measurement. A suitable test method is recommended in IEC 326-2.

It may be advantageous to include the test and requirements in the relevant specification, even if the value of the interconnection resistance is not important for the electrical circuit, since it gives an indication of the quality of the processes used in the production.

6.1.3 *Resistance of plated-through holes*

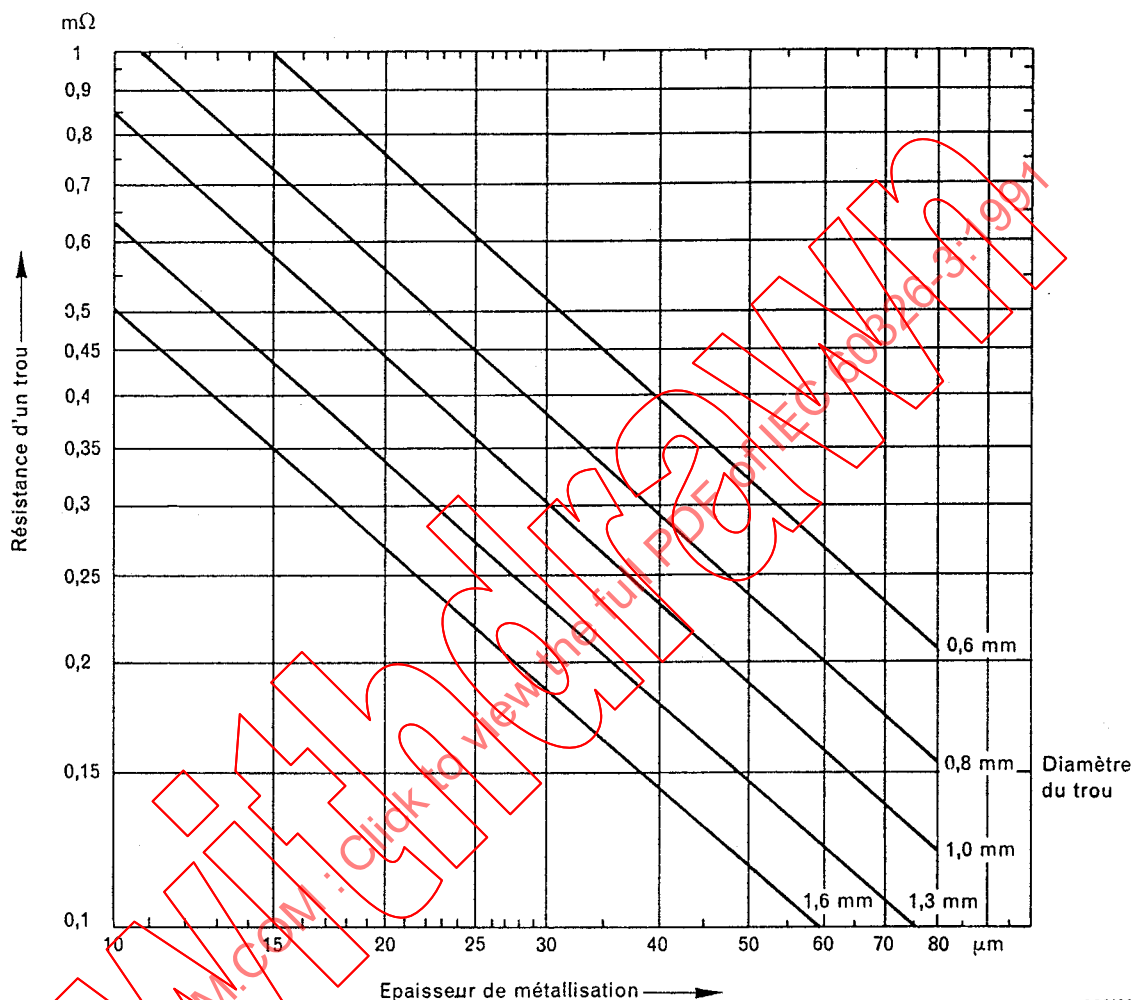
The value of the resistance of a plated-through hole may be important for the electrical circuit particularly in the case of buried via holes which are normally copper plated only. It is advantageous therefore to include the test and requirements for the change in resistance due to thermal cycling in the relevant specification, since it gives an indication of the quality of the plating processes used in production.

When a printed board is heated, for example by immersion in a hot oil bath, the resistance of the plating in a plated-through hole increases:

- a) due to the normal dependency of the resistance on the temperature; this process is normally reversible;
- b) due to defective plating; in this case, the change in resistance may be reversible but bigger than normal, but it may also be non-reversible to some extent leaving a permanent change in resistance after each thermal cycle.

Lorsque cet essai est prescrit, la spécification applicable fixe les valeurs de variation de résistance durant un cycle thermique et la différence de variation de résistance entre le premier et le dernier cycle, conformément aux stipulations de l'essai 3c de la CEI 326-2.

Le graphique ci-après a été établi afin d'apporter une aide dans l'estimation de la résistance de la métallisation d'un trou. Il s'applique aux cartes d'épaisseur 1,6 mm (0,063 in) avec métallisation de cuivre.



055/80

6.2 Intensité maximale admissible

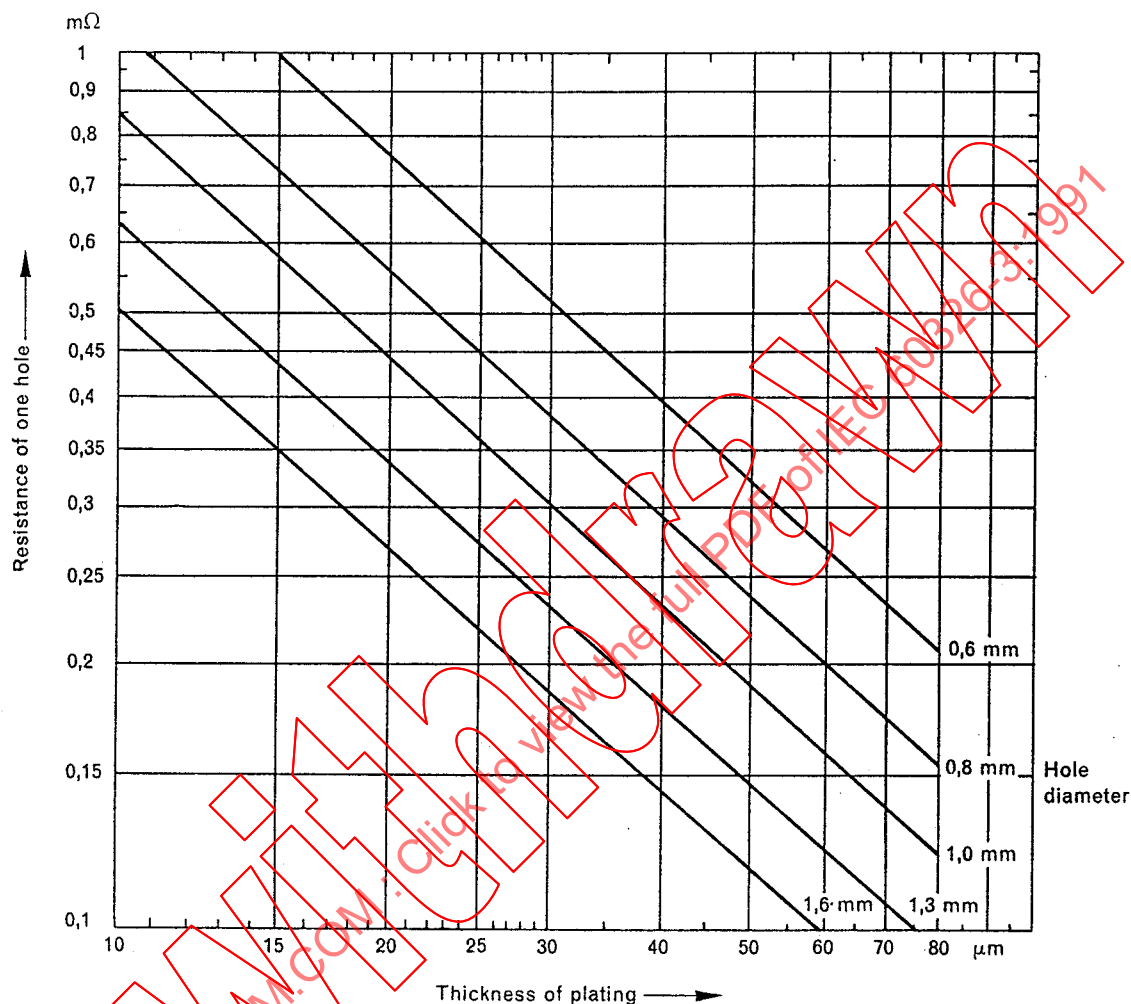
6.2.1 Généralités

Les renseignements sur l'intensité maximale admissible donnés en 6.2 s'appliquent uniquement aux cartes imprimées et à leurs conducteurs. Il n'a pas été tenu compte des influences exercées sur les composants lorsqu'ils sont montés sur la carte et/ou utilisés avec la carte, ni de l'influence des composants eux-mêmes. En outre, il n'a pas été tenu compte de l'effet d'une source de chaleur externe qui pourrait contribuer à accroître la température de la carte imprimée.

L'intensité maximale admissible est principalement limitée par la température maximale qui peut être supportée par la carte imprimée; elle peut être limitée également par d'autres phénomènes, tels que la fusion du conducteur ou des forces mécaniques dues à des déformations ou à la dilatation thermique, provoqués par des courants de forte intensité mais de courte durée, par exemple de surtension.

When the test is applied, the relevant specification should give requirements for the change in resistance during one thermal cycle and the difference in change in resistance between the first and the last cycle in accordance with the details in Test 3c of IEC 326-2.

The following graph has been prepared as an aid in estimating the resistance of the plating in a hole. It applies to board thickness of 1,6 mm (0,063 in) and copper plating.



6.2 Current-carrying capacity

6.2.1 General

The information on current-carrying capacity given in 6.2 is applicable only to printed boards and the conductors upon them. Any influence from and on components mounted on and/or used with the printed boards is not taken into account. The effect from any external heat source that might contribute to elevate the temperature of the printed board is also disregarded.

The current-carrying capacity is mainly limited by the maximum temperature that can be withstood by the printed board, but for high currents of short duration, for example surge currents, other phenomena such as fusing of the conductor or mechanical forces due to deflection or thermal expansion may also have a limiting effect.

L'évaluation de température due à la puissance dissipée peut se produire:

- localement ou sur une grande étendue;
- pendant un court instant ou en permanence.

La valeur de la température dépend de plusieurs facteurs, tels que:

- a) la puissance électrique dissipée:
 - puissance dissipée par unité de surface;
 - distribution de la puissance dissipée sur l'ensemble de la carte;
- b) les détails de la carte imprimée elle-même:
 - dimensions;
 - matériaux de base;
 - importance et distribution de la métallisation;
- c) le montage de la carte imprimée:
 - positionnement (vertical ou horizontal);
 - enclouement et distance des parois;
 - distance par rapport à d'autres ensembles, par exemple d'autres cartes imprimées;
- d) le rayonnement de chaleur:
 - coefficient de rayonnement de la surface de la carte imprimée;
 - différence de température entre la carte imprimée et les surfaces environnantes ainsi que leur température absolue;
- e) la conduction thermique jusqu'aux assemblages;
- f) la convection:
 - convection naturelle;
 - convection par air froid dirigé.

Cette liste n'est pas exhaustive. De nombreux facteurs sont interdépendants et en corrélation. La plupart dépendent d'un cas particulier qui ne peut être généralisé. Dans ce cas, une évaluation correcte doit donc être faite. Une évaluation avec un degré d'exactitude satisfaisant est très difficile.

Dans la plupart des cas, cependant, une estimation peut être suffisante. Les renseignements donnés en 6.2.2 et 6.2.3 se veulent une aide à l'estimation des élévations de température et des limites de courant, c'est-à-dire de la charge électrique. Ces renseignements reposent sur les mesures et sur l'expérience, mais il faut bien garder en mémoire que ces renseignements, tout comme leurs applications pour déterminer les températures ou les courants limites, impliquent nécessairement des hypothèses, des généralisations et des simplifications qui conduisent à une exactitude limitée.

Si une estimation est insuffisante, par exemple lorsque l'intensité maximale admissible est un élément important ou lorsqu'il y a risque de point chaud, la valeur de l'intensité maximale admissible doit être déterminée en mesurant l'élévation de température des conducteurs sous tension. Il faudra prendre soin d'englober les conditions extrêmes de fonctionnement (électriques et ambiantes) et d'utiliser la carte entièrement équipée et entièrement en charge.

The temperature rise due to power dissipation may occur:

- locally or distributed over a large area;
- for a very short time or permanently.

The value of the temperature depends on many factors, such as

- a) electrical power dissipation:
 - power dissipated per unit area;
 - distribution of the power dissipation on the printed board;
- b) details of the printed board:
 - dimensions of the printed board;
 - material of the printed board;
 - amount and distribution of metal;
- c) mounting of the printed board:
 - mounting attitude (for example vertically, horizontally);
 - encapsulation and distance from the walls;
 - distance from adjacent assembly, for example printed board,
- d) heat radiation:
 - radiation coefficient of the surface of the printed board;
 - temperature difference between printed board and adjacent surfaces and their absolute temperature;
- e) heat conduction to mounting devices;
- f) heat convection:
 - natural convection;
 - forced cooling convection.

This list does not claim to be complete. Several factors are interrelated and inter-dependent. Most factors depend on a particular case and cannot be generalized. Correct calculation can, therefore, only be made for a particular case and the evaluation with satisfactory accuracy is very complicated.

In many cases, however, estimation may be sufficient. The information given in 6.2.2 and 6.2.3 has been prepared as an aid in estimating temperature rises and limits of the currents, i.e. the electrical load. The information is based on measurements and experience but it should carefully be kept in mind that the information and its application for estimating temperatures or current limits necessarily implies assumptions, generalizations and simplifications which lead to limited accuracy.

Where an estimation is not sufficient, i.e. where the current-carrying capacity is important or if there is any danger of hot spots, the current-carrying capacity shall be determined by measuring the temperature rise of the conductors under load. Care shall be taken to cover the extreme operational (electrical and ambient) conditions and to use the fully assembled and fully loaded printed board.

6.2.2 Courant continu

6.2.2.1 Dissipation de la chaleur - Couche extérieure à simple face

Les diagrammes ci-après ont été établis afin d'apporter une aide dans l'estimation de l'élévation de température en fonction de l'intensité du courant pour différentes largeurs de conducteurs et les épaisseurs les plus utilisées. Ils s'appliquent aux cartes imprimées à simple face de 1,6 mm (0,063 in) à 3,2 mm (0,125 in) d'épaisseur nominale, à feuille conductrice de cuivre. Les revêtements métalliques supplémentaires tels que or, nickel ou étain n'ont pas été pris en considération.

Il est supposé que les conditions normales de conception prévalent lorsque les espacements entre conducteurs sont égaux ou plus grands que la largeur des conducteurs. Il est en outre supposé que les conditions normales de montage prévalent, c'est-à-dire positionnement vertical de la carte, absence de cloisonnement ou d'autre piège thermique, absence de système de refroidissement.

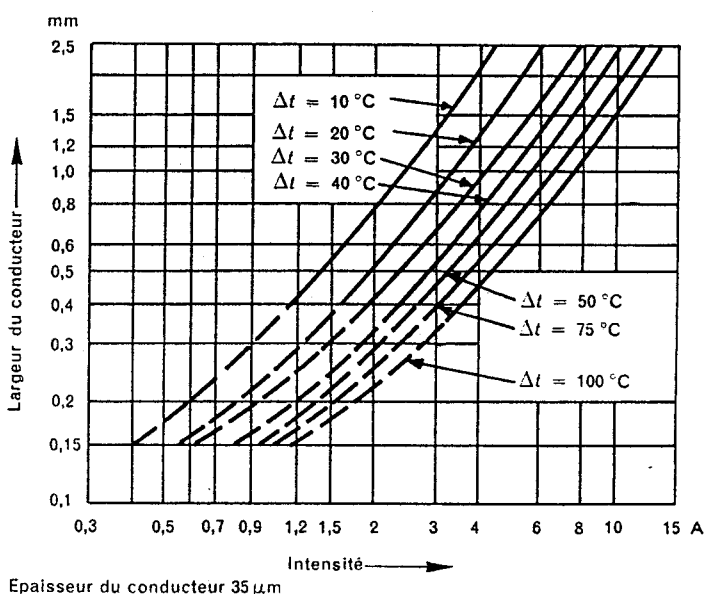
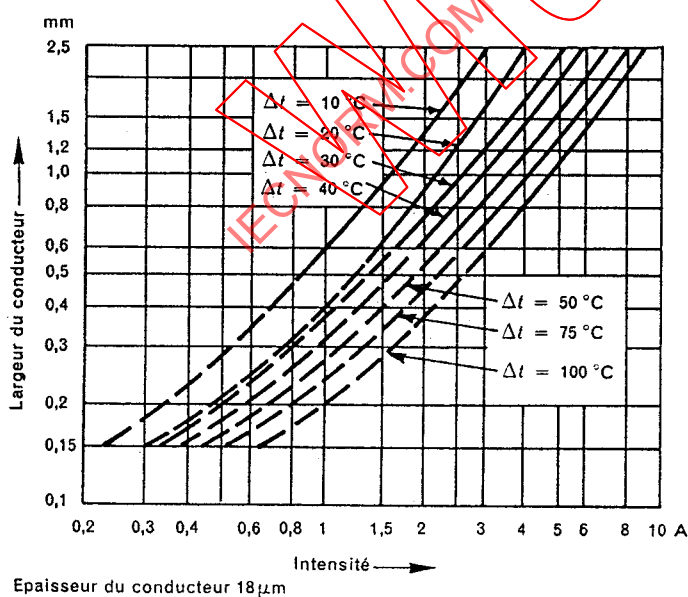
Les courbes présentées comprennent une diminution de 10 % de l'intensité admissible pour tenir compte des variations normales dans les processus de fabrication, les épaisseurs de cuivre et les largeurs de conducteurs. La courbe pour l'épaisseur de 105 μm (0,004 in) inclut une diminution supplémentaire de 15 %.

Une diminution supplémentaire de 15 % est suggérée:

- a) pour les cartes d'épaisseur 0,5 mm (0,020 in) à 1,5 mm (0,059 in);
- b) si un revêtement enrobant est appliqué;
- c) si l'espacement des conducteurs est plus faible que leur largeur.

Pour des groupes de conducteurs similaires parallèles, s'ils sont faiblement espacés et parcourus par des courants pratiquement égaux, l'élévation de température peut être trouvée en faisant la somme des largeurs de conducteurs et la somme des courants.

Si les conducteurs sont revêtus d'un placage de cuivre, l'épaisseur du placage est ajoutée à celle de la feuille de cuivre et l'intensité maximale admissible peut être estimée par interpolation entre les courbes de l'épaisseur la plus proche, inférieure et supérieure.



6.2.2 Continuous current

6.2.2.1 Heat dissipation on single external layers

The following diagrams have been prepared as an aid in estimating temperature rises against current for various conductor widths and the most common conductor thicknesses. They apply to single-sided printed boards of 1,6 mm (0,063 in) to 3,2 mm (0,125 in) nominal thickness using copper as conductive material. Additional platings, such as nickel, gold or tin are disregarded.

It is assumed that normal design conditions prevail where the conductor spacings are greater than or equal to the conductor widths. It is further assumed that normal mounting conditions prevail with vertical position of the printed board, no encapsulation or other heat trap, no forced cooling.

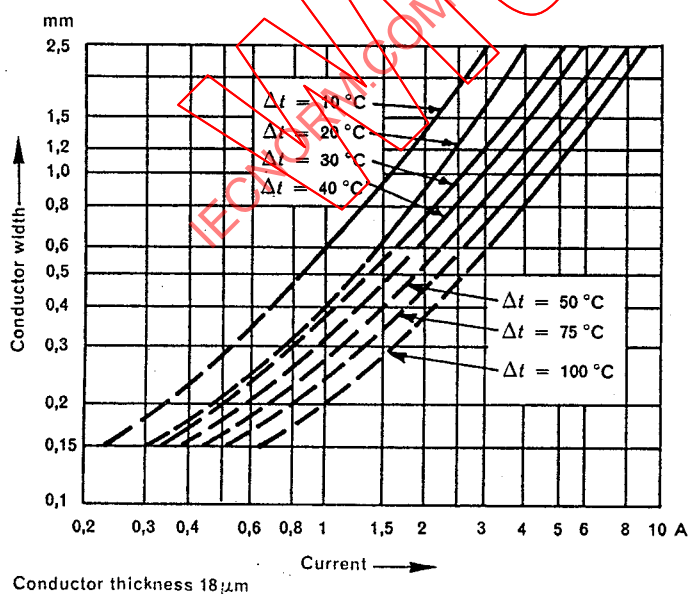
The curves as presented include a 10 % derating to allow for normal variations in processing, copper thickness, and conductor width variations. The curve for 105 μm (0,004 in) includes an additional 15 % derating.

Additional derating of 15 % is suggested:

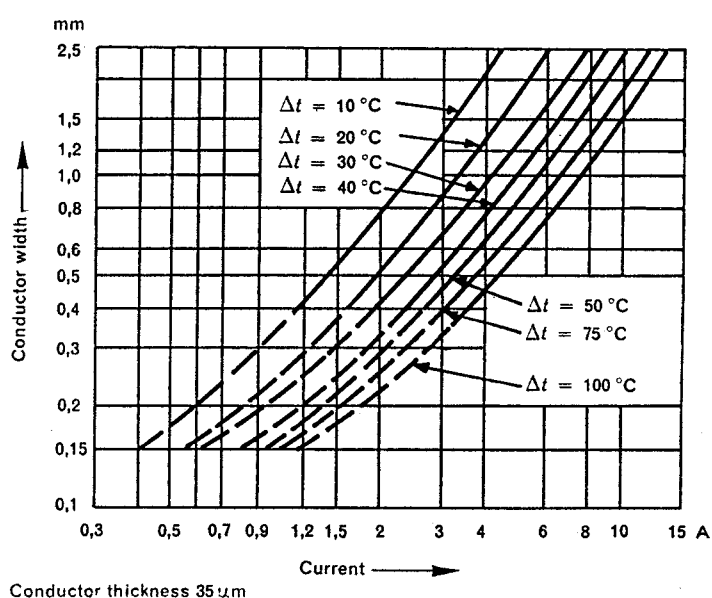
- for board thicknesses 0,5 mm (0,020 in) to 1,5 mm (0,059 in);
- if conformal coating is applied;
- if conductor spacings are smaller than conductor widths.

For groups of similar parallel conductors, if closely spaced and loaded with nearly equal currents the temperature rise may be found by adding the conductor widths and the currents.

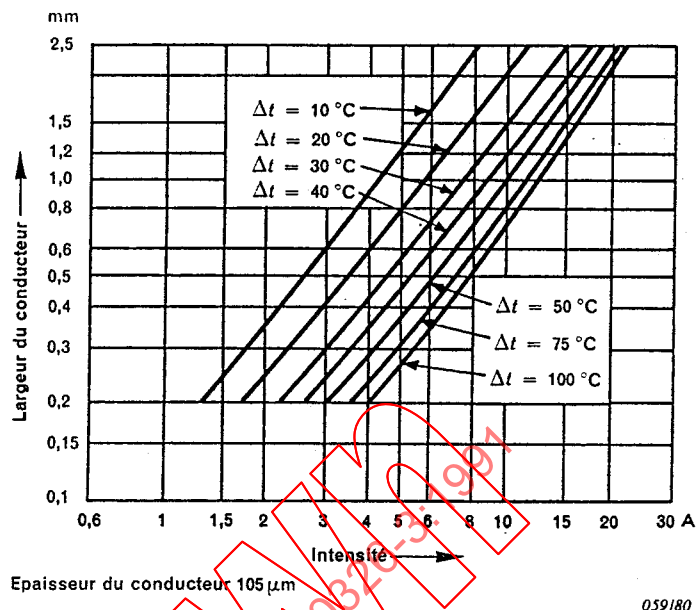
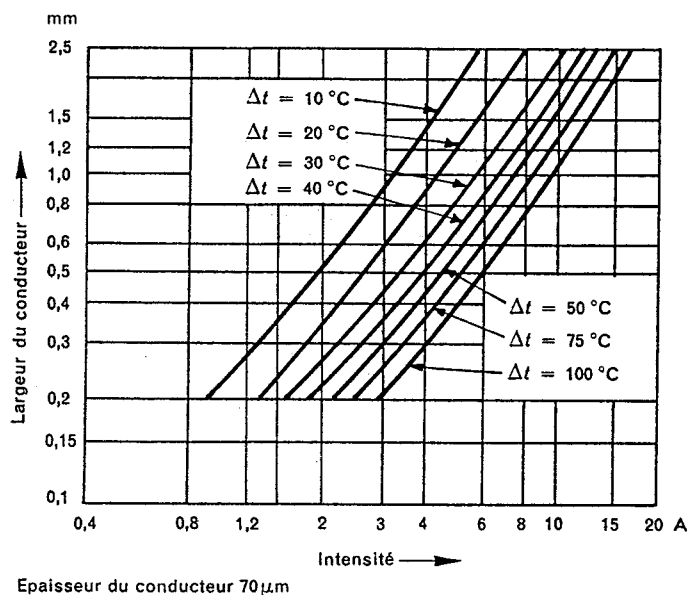
If the conductors are plated with copper, the plating thickness is added to the thickness of the copper foil and the current-carrying capacity may be estimated by interpolating between the curves for the next lower and higher conductor thicknesses.



056/80



057/80



6.2.2.2 Dissipation de la chaleur - Double faces et multicouches

La détermination de l'élévation de température des conducteurs dans le cas des cartes double face ou des cartes multicouches est beaucoup plus complexe que dans le cas des cartes simple face. Cela est dû aux multiples interférences et interdépendances des conducteurs, à la dissipation de chaleur interne et aux conceptions thermiques entre couches. Pour déterminer avec précision l'élévation de température et sa répartition, la mesure ou le calcul est nécessaire; le calcul implique la mise en oeuvre de procédures précises mais complexes comme indiqué dans les textes spécialisés. Ces deux approches sont en outre très onéreuses. Il paraît judicieux de vérifier d'abord, par évaluation grossière, si la précision du calcul ou de la mesure est vraiment nécessaire.

Pour évaluer l'élévation de température des conducteurs des cartes double face ou multicouches, on pourra utiliser:

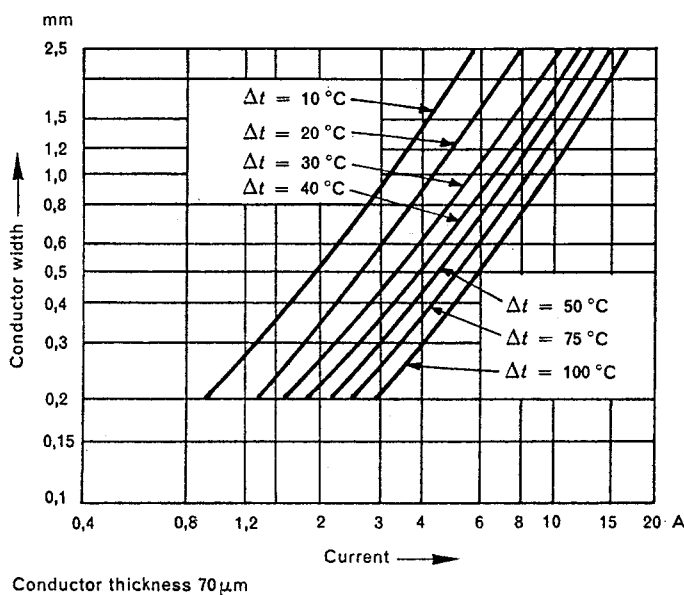
- la méthode A décrite au point a);
- en complément, la méthode B décrite au point b).

Si cette évaluation donne une valeur d'échauffement telle que la température globale soit proche de la température maximale admissible de fonctionnement ou supérieure, on aura alors recours à la mesure pour déterminer l'échauffement réel des conducteurs en charge. On aura soin d'englober les conditions extrêmes de fonctionnement (électriques et ambiantes) et d'utiliser la carte entièrement équipée et entièrement en charge.

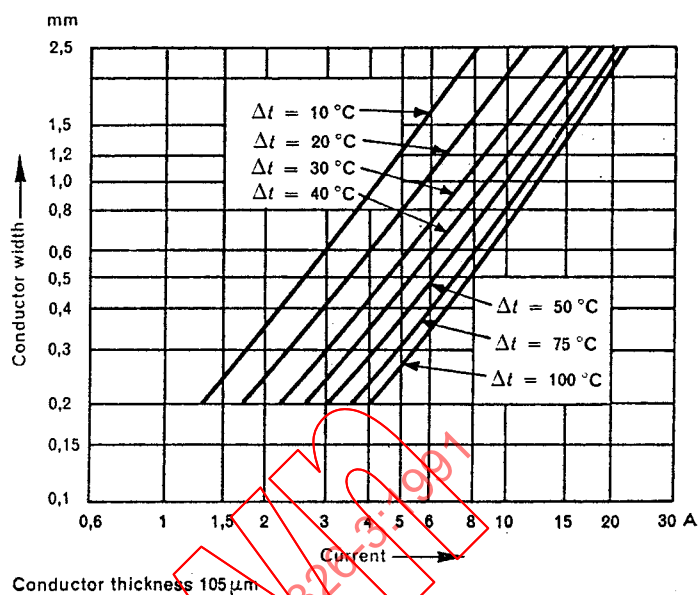
a) Méthode A

L'élévation de température est évaluée:

- tout d'abord en évaluant l'élévation de température de chaque couche comme cela est indiqué en 6.2.2.1 mais en ne tenant pas compte des diminutions suggérées pour certaines épaisseurs de carte, en cas de revêtements ou d'espacements plus faibles des conducteurs;
- ensuite, en additionnant les élévations de température des différentes couches: on obtient alors une élévation globale.



058/80



059/80

6.2.2.2 Heat dissipation in two or more layers

To determine the temperature rise of conductors in or on double-sided or multilayer boards is much more complicated than in the case of single-sided printed boards due to the multiplied mutual interdependence and influence of the conductors, to the internal heat dissipation and to the heat conduction between the different layers. To precisely determine temperature rise and distribution, measuring or calculating is necessary where calculating implies the application of precise but complicated procedures as published in the technical press. Both approaches are very expensive. It is, therefore, expedient to determine by rough estimation whether or not precise measuring or calculation is necessary.

To roughly estimate the temperature rise of conductors in or on double-sided or multilayer printed boards the following procedure may be used:

- the temperature rise is estimated using method A described in item a);
- additionally, the temperature rise is estimated using method B described in item b).

If the temperature rise estimated by one of these methods results in a total temperature near or over the maximum permissible operating temperature, the actual temperature rise of the conductors under load should be determined by measuring. Care should be taken to cover the extreme operational (electrical and ambient) conditions and to use the fully assembled and fully loaded printed board.

a) Method A

The temperature rise is estimated by:

- first estimating the temperature rise for each individual layer in accordance with 6.2.2.1 but without applying the additional deratings suggested for differing board thickness, coating and smaller conductor spacings;
- and then evaluating the total temperature rise by adding the temperature rises of the individual layers.

Cette élévation représentera l'évaluation de l'élévation globale de température du conducteur le plus chaud y compris l'effet thermique de tous les conducteurs sur toutes les autres couches.

Aux hypothèses déjà faites en 6.2.2.1 il convient d'ajouter celles-ci:

- toutes les couches conductrices sont simultanément sous tension en courant continu;
- l'équilibre thermique a été obtenu;
- les facteurs influençant la dispersion de chaleur (épaisseur de la carte, etc.) sont négligés;
- il n'y a pas de «points chauds» et la répartition des températures est pratiquement uniforme.

b) Méthode B

L'élévation de température est évaluée par la formule suivante:

$$\Delta T = \frac{P}{2 \times L \times W \times \alpha}$$

où

ΔT = élévation de température;

P = puissance dissipée en mW dans la surface $L \times W$;

L = longueur de la surface en mm;

W = largeur de la surface en mm;

α = coefficient de transfert de chaleur de la surface carte/air en mW/mm² x °C.

La surface $L \times W$ sera choisie dans une zone critique de la carte, par exemple celle où la puissance dissipée est la plus importante.

Si la température de la surface de la carte est voisine de celle des surfaces avoisinantes, les effets de rayonnement peuvent être négligés: on pourra prendre pour α la valeur 0,006 mW/mm² x °C.

Si la température des surfaces avoisinantes est plus basse que celle de la carte, le coefficient de transfert de chaleur est alors plus élevé et fonction du coefficient de rayonnement de la surface de la carte, de la différence de température entre celle de la carte et celle des surfaces avoisinantes et de la température absolue tant de la carte que des surfaces avoisinantes. En pratique on a trouvé pour α les valeurs 0,008 à 0,018 mW/mm² x °C.

Aux hypothèses déjà émises en 6.2.2.1, il convient d'ajouter toutes celles de 6.2.2.2 a).

6.2.3 Surcharge de courte durée

L'élévation de température d'un conducteur de carte imprimée parcouru par un courant électrique dépend de la résistance du conducteur, de l'intensité et de la durée de l'application du courant et des conditions de refroidissement qui sont aussi influencées par le type de matériau de base.

Non seulement la surcharge d'un conducteur exercera une contrainte sur l'adhérence entre matériau de base et conducteur, directement par l'influence de la chaleur et de la température, mais encore des courants de court-circuit élevés et la dilatation mettront aussi en oeuvre des forces mécaniques considérables.

This represents an estimation of the total temperature rise of the hottest conductor including the heating effect of all conductors on all other layers.

In addition to the assumptions in 6.2.2.1 the following assumptions are made:

- all conductive layers are simultaneously loaded with their individual continuous current;
- thermal equilibrium has been reached;
- factors like board thickness, etc., influencing the heat spreading are neglected;
- there are no real "hot spots", the temperature distribution is approximately even.

b) Method B

The temperature rise is estimated by the following formula:

$$\Delta T = \frac{P}{2 \times L \times W \times \alpha}$$

where

ΔT = temperature rise;

P = power dissipation in mW in the area $L \times W$;

L = length of that area in mm;

W = width of that area in mm;

α = apparent coefficient of heat transfer from board surface to air, in $\text{mW/mm}^2 \times ^\circ\text{C}$.

For the area $L \times W$ a critical area should be selected, i.e. that area of the printed board where the highest power dissipation prevails.

If the surface of the printed board has approximately the same temperature as the surfaces adjacent to the board, radiation effects may be neglected and $\alpha = 0,006 \text{ mW/mm}^2 \times ^\circ\text{C}$ may be used.

If the temperature of the adjacent surfaces is lower than that of the printed board, the heat transfer coefficient will be higher depending on the radiation coefficient of the surface of the printed board, the temperature difference of printed board and adjacent surfaces and the absolute temperature of both, the printed board and the adjacent surfaces. Values of $\alpha = 0,008$ to $0,018 \text{ mW/mm}^2 \times ^\circ\text{C}$ have been found in practice.

In addition to the assumptions in 6.2.2.1 all assumptions listed in 6.2.2.2 a) apply.

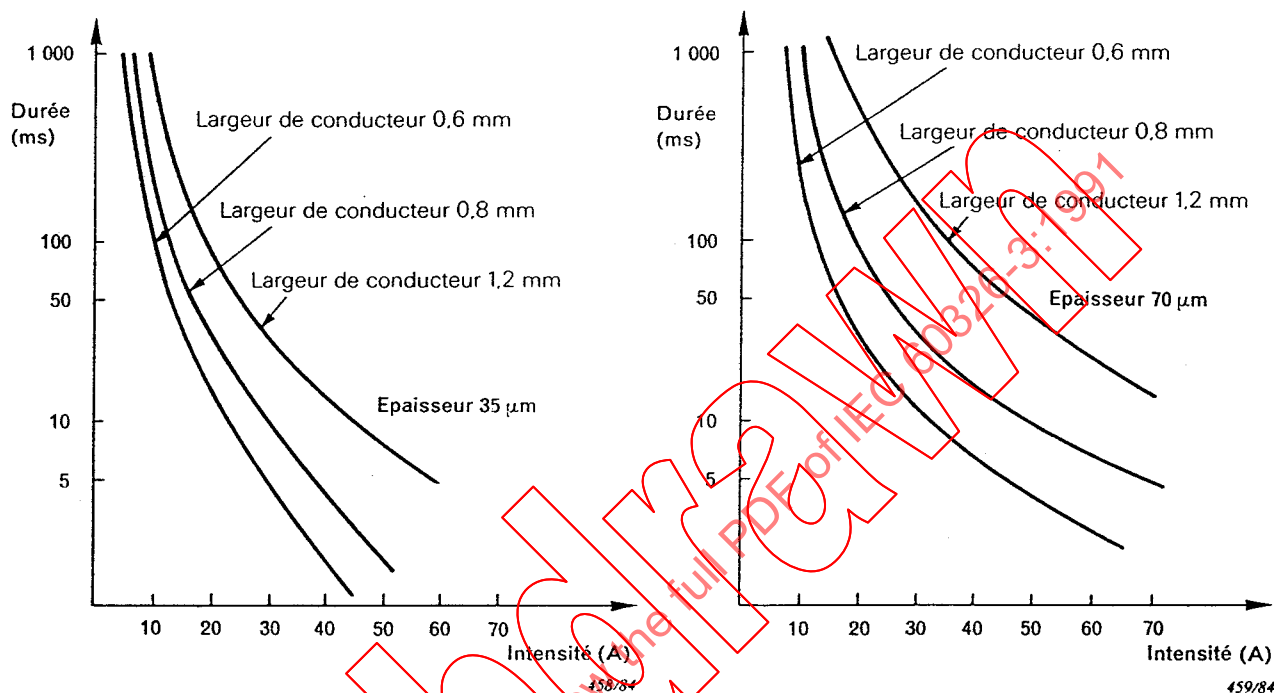
6.2.3 Surge current

The temperature rise of a conductor on a printed board due to current depends on the resistance of the conductor, value and duration of the current and the cooling conditions which are also influenced by the type of the base material.

Overload of a conductor not only affects the adhesion between conductor and base material directly by the influence of heat and temperature, but the high short-circuit currents and the thermal expansion will also exert considerable mechanical forces.

Les courbes ci-après sont données pour information. Elles sont prévues pour faciliter l'estimation des courants de court-circuit admissibles et des durées associées pour trois largeurs de conducteur et deux épaisseurs.

Aucune détérioration n'a été observée en pratique lorsqu'elles ont été utilisées comme courbes limites. Elles peuvent, par conséquent, servir pour déterminer des coupe-circuit à fusibles ou d'autres moyens de limiter les intensités.



6.3 Résistance d'isolement

6.3.1 Résistance d'isolement des couches superficielles

La résistance d'isolement dépend de la configuration de la partie correspondante de l'impression conductrice du matériau de base et des procédés utilisés, ainsi que des conditions ambiantes telles que température, humidité et contamination de surface.

Pourvu que des procédés appropriés aient été utilisés et que la surface de la carte imprimée n'ait pas été contaminée, la résistance d'isolement entre une paire de conducteurs d'espacement constant sur une longueur convenable peut être calculée à l'aide de la formule suivante:

$$R_{is} = 160 \times R_{mat} \times \left(\frac{w}{l} \right)$$

où

R_{is} = résistance d'isolement minimale à laquelle on puisse s'attendre entre les conducteurs choisis

R_{mat} = résistance d'isolement minimale spécifiée dans la CEI 249-2 pour le matériau à température spécifiée

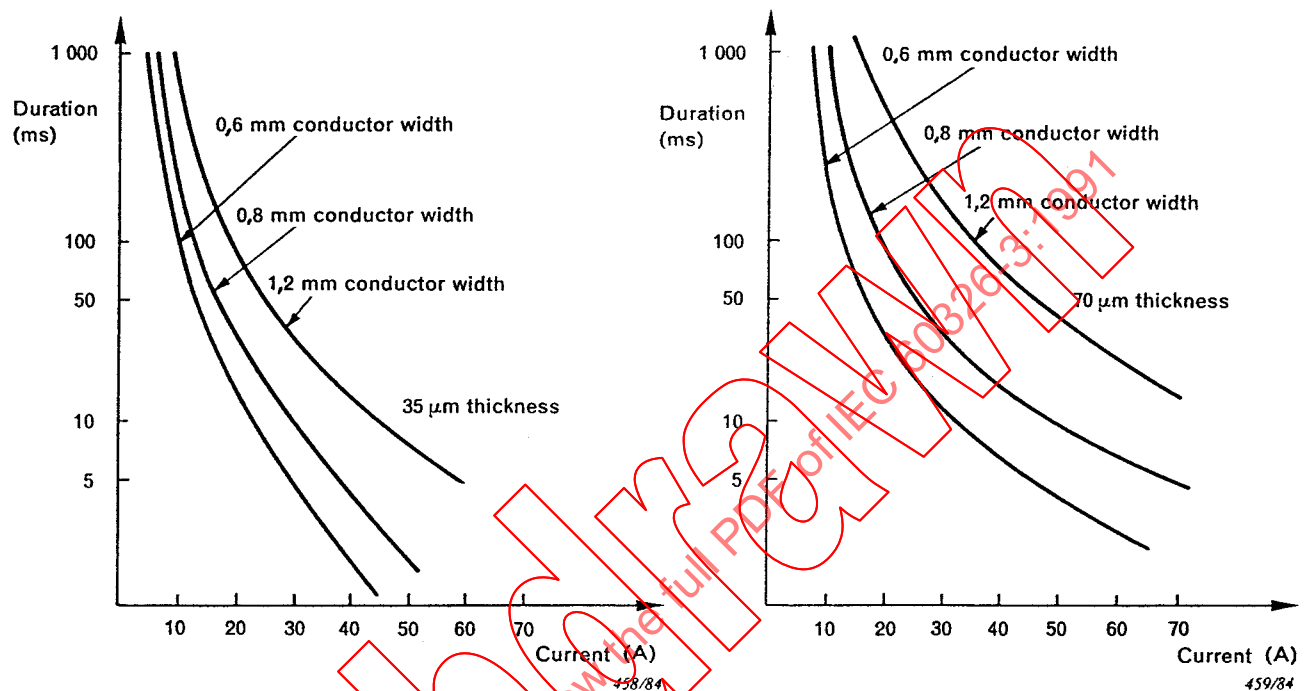
w = espacement entre les conducteurs

l = longueur des conducteurs parallèles.

NOTE - Dans la CEI 249, R_{mat} est désignée comme «résistance de surface» (voir 2.2 de la CEI 249-1).

The following curves are given for information. They are intended to be used as an aid in estimating permissible short-circuit currents and associated durations for three conductor widths and two thicknesses.

No deterioration has been observed in practice when using them as limiting curves. They may, therefore, be utilized when determining fuses or other current limiting means.



6.3 Insulation resistance

6.3.1 Insulation resistance on surface layers

The insulation resistance depends on the configuration of the relevant part of the conductive pattern, the base material and the processes used as well as on ambient conditions such as temperature, humidity and contamination of the surface.

Provided that appropriate processes are used and that the surface of the printed board is not contaminated, the insulation resistance between a pair of conductors uniformly spaced over a suitable length may be calculated from the following formula:

$$R_{is} = 160 \times R_{mat} \times \left(\frac{w}{l} \right)$$

where

- R_{is} = the minimum insulation resistance that can be expected between the conductors chosen
- R_{mat} = the minimum insulation resistance specified in IEC 249-2 for the material at specified temperature
- w = the spacing between the conductors
- l = the length of the parallel conductors.

NOTE - In IEC 249, R_{mat} is called "Surface resistance" (see 2.2 of IEC 249-1).

Si l'espacement w n'est pas conçu pour être constant, une valeur moyenne peut être calculée pour w/l à l'aide de la formule suivante:

$$\frac{1}{w/l} = \frac{1}{w_1/l_1} + \frac{1}{w_2/l_2} + \dots + \frac{1}{w_n/l_n}$$

Les indices indiquent la section de longueur $l_1 \dots l_n$ avec les différents espacements nominaux $w_1 \dots w_n$.

Il convient de remarquer que les valeurs de résistance d'isolement calculées comme décrit ici concernent le seul matériau. En effet, en raison de divers facteurs, tels que les dépôts électrolytiques, le brasage, la contamination, les poussières, les conditions de fonctionnement, etc., les cartes imprimées utilisées dans un montage présentent une résistance d'isolement inférieure. En pratique on a trouvé, même dans des conditions atmosphériques normales, des valeurs de 1 à 3 puissances de dix inférieures à celles qui sont calculées selon 6.3.1. Les valeurs peuvent même être beaucoup plus faibles dans des conditions sévères de fonctionnement.

Lorsqu'on considère une carte imprimée multicouche ou double face avec des connexions entre faces, on doit prendre soin d'éviter les autres parties de la carte qui pourraient être en parallèle ou de tenir compte de leur influence.

6.3.2 Résistance d'isolement des couches internes

Etant donné que la résistance d'isolement entre conducteurs sélectionnés sur une couche interne d'une carte imprimée multicouche est une combinaison de la résistance superficielle et de la résistance transversale, on ne peut donner de corrélation exacte avec les valeurs spécifiées dans la CEI 249-2 pour le matériau de base à recouvrement métallique.

La résistance d'isolement peut être estimée très approximativement en utilisant la méthode décrite en 6.3.1 et en négligeant l'influence de la résistance transversale. Cependant, lorsque cette résistance d'isolement prend une réelle importance, il convient de la déterminer à l'aide de mesures.

6.3.3 Résistance d'isolement entre couches

La résistance d'isolement entre couches contiguës peut être estimée très approximativement en utilisant la valeur de la résistivité en volume établie pour le matériau de base dans la CEI 249-2. Cependant, lorsque la résistance d'isolement entre couches contiguës prend une réelle importance, il convient de la déterminer à l'aide de mesures.

6.4 Tension de tenue

6.4.1 Tension de tenue des couches de surface

La tension admissible entre conducteurs dépend d'une grande variété de facteurs tels que le type de matériau de base, l'espacement, le revêtement, les conditions d'environnement et, comme dernier facteur, mais non le moindre, les règles de sécurité applicables ou spécifiées. Aucune prescription applicable d'une manière générale ne peut, de ce fait, être donnée.

Le revêtement d'une carte imprimée peut influencer la tension admissible entre conducteurs. Un revêtement approprié contribue à préserver la qualité de la carte imprimée lorsqu'elle est soumise à des conditions défavorables telles que la poussière et l'humidité.

On ne peut donner de règle générale car la quantité et le sens de l'influence dépendent de plusieurs facteurs, par exemple les conditions ambiantes, l'épaisseur et le matériau de revêtement.

Where the spacing w is not uniform in the design, a mean average value for w/l may be calculated from the following formula:

$$\frac{1}{w/l} = \frac{1}{w_1/l_1} + \frac{1}{w_2/l_2} + \dots + \frac{1}{w_n/l_n}$$

The subscripts indicate the section length $l_1 \dots l_n$ with the various nominal spacings $w_1 \dots w_n$.

Attention should be paid to the fact that the insulation resistance values calculated as described here are material values. Owing to many influences, such as plating and soldering processes, contamination, dust, operating conditions, etc., the printed board used in a printed board assembly will show lower insulation resistances. Values of 1 to 3 powers of ten lower than those calculated in accordance with 6.3.1 have been found in practice even under standard atmospheric conditions. The values may even be much lower under severe operating conditions.

Where a multilayer printed board or a double-sided printed board using through connections is considered, care must be taken to avoid, or to take into account, the influence of other parts of the printed board that might be in parallel.

6.3.2 *Insulation resistance on internal layers*

Since the insulation resistance between selected conductors on an internal layer of a multilayer printed board is a combination of surface resistance and volume resistance, no exact correlation with the values specified in IEC 249-2 for the metal-clad base material can be given.

The insulation resistance may be estimated very roughly using the method described in 6.3.1 and disregarding the influence of the volume resistance. Where this insulation resistance is really important, however, it should be determined by measurement.

6.3.3 *Insulation resistance between layers*

The insulation resistance between adjacent layers may be estimated very roughly using the value of volume resistivity as laid down for the base material in IEC 249-2. If the insulation resistance between adjacent layers is really important, however, it should be determined by measurement.

6.4 *Voltage proof*

6.4.1 *Voltage proof of surface layers*

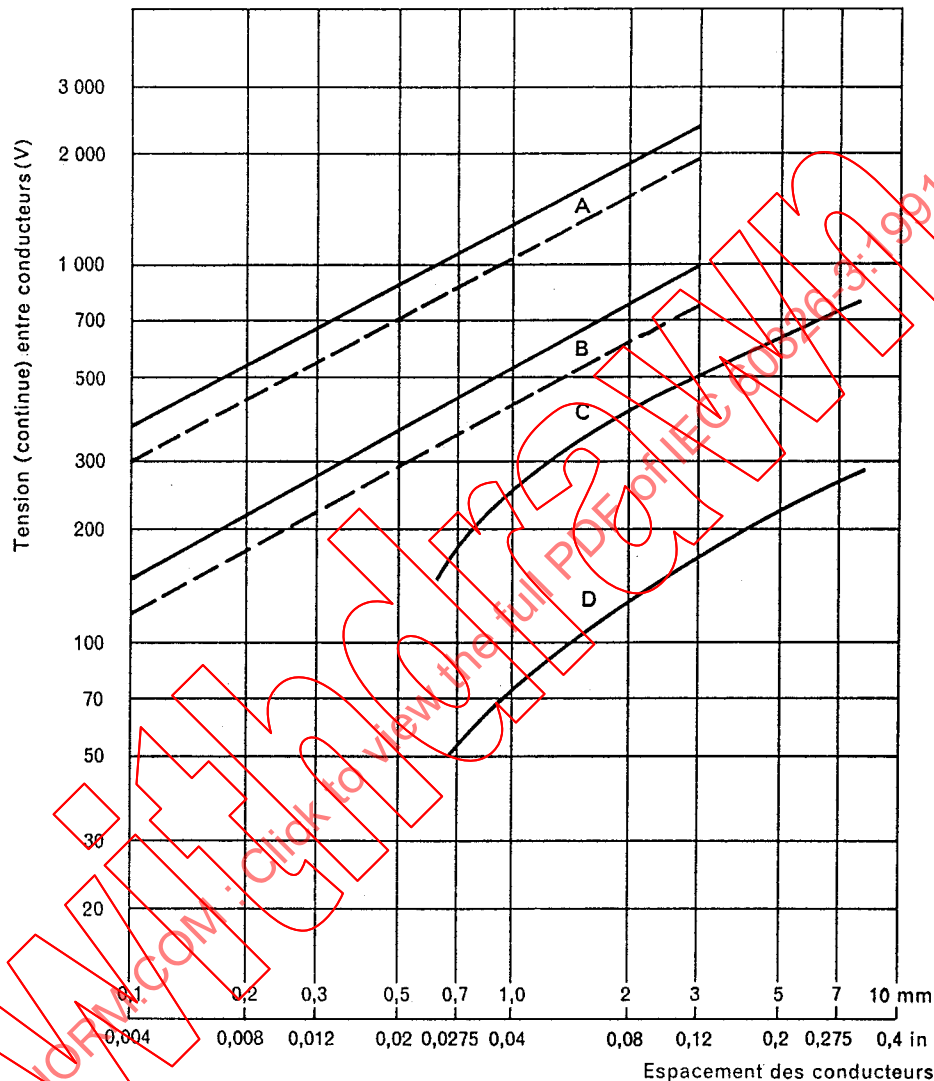
The voltage permissible between conductors depends on a great variety of factors such as spacing, type of base material, coating, environmental conditions and last but not least the applicable or specified safety rules. No generally applicable requirements can therefore be given.

Coating of a printed board may influence the voltage permissible between conductors. A suitable coating assists in preserving the quality of the printed board when it is subject to adverse conditions, such as dust and damp.

No general rule can be given since quantity and direction of the influence depend on several factors, for example ambient conditions, thickness and material of coating.

Si la carte imprimée est prévue pour des applications pour lesquelles des prescriptions de sécurité appropriées existent, par exemple la CEI 65, il convient de suivre les règles établies pour les tensions et distances associées.

Le graphique suivant est donné pour information si aucune règle de sécurité particulière n'est spécifiée et si l'on ne dispose pas d'expérience spéciale.



062/80

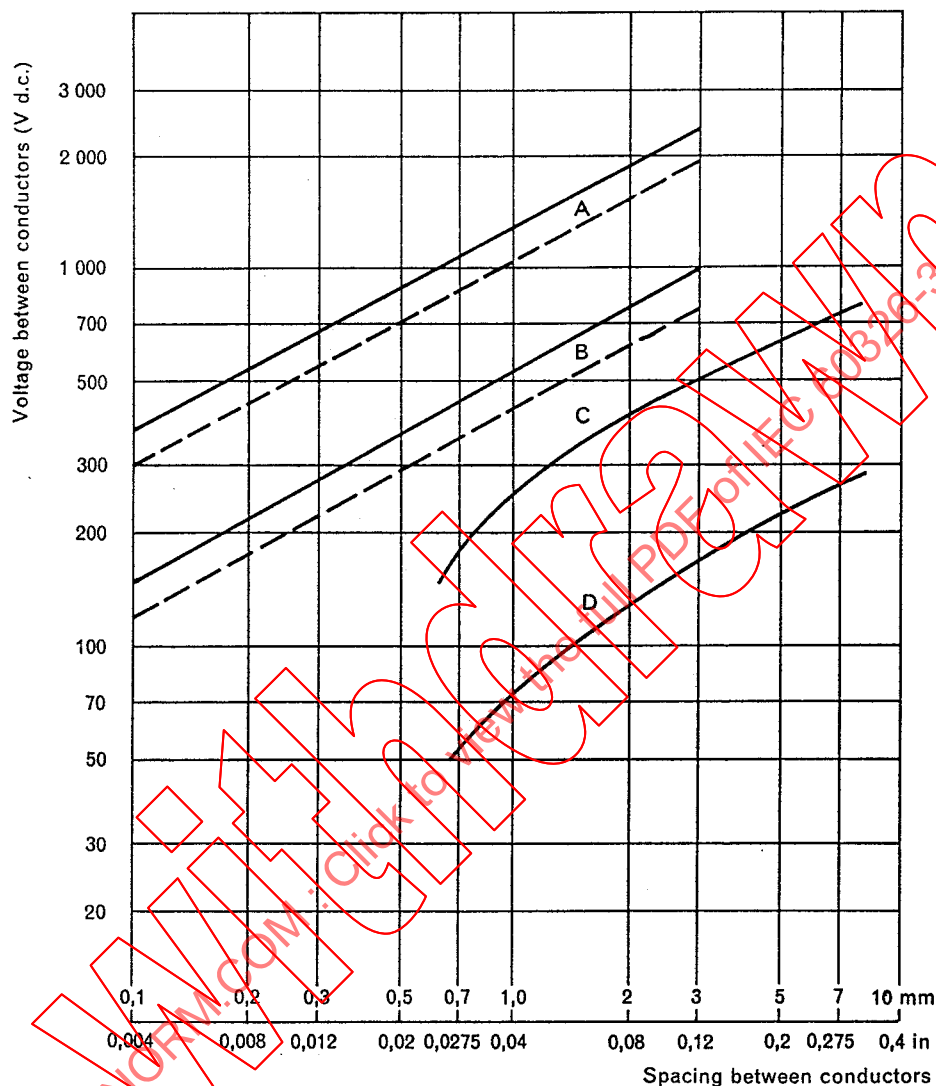
Tension en fonction de l'espacement des conducteurs

Courbe A: tension de décharge partielle (mesurée selon l'essai 4b de la 512-2)	non revêtue, tissu de verre époxyde, poussière chimiquement inactive	
Courbe B: tension de fonctionnement pour laquelle un facteur de diminution de 2,5 est approprié	= en local jusqu'à 1 000 m d'altitude = à l'extérieur, mais clos jusqu'à 1 000 m d'altitude	
Courbe C: tension de fonctionnement pour laquelle un facteur de diminution de 5 environ est approprié	non revêtue jusqu'à 3 000 m inclus (10 000 ft)	Ces courbes sont utilisées depuis longtemps avec de bons résultats dans le domaine des espacements de conducteurs importants
Courbe D: tension de fonctionnement pour laquelle un facteur de diminution de 11 environ est approprié	non revêtue jusqu'à 15 000 m inclus (50 000 ft)	

NOTE - Pour les espacements supérieurs à 8 mm (0,315 in), les relations entre tension et espacement doivent être déterminées pour chaque cas.

If the printed board is intended for use in appliances for which pertinent safety requirements exist, for example, in IEC 65, the rules given there for voltages and associated distances should be followed.

For cases where no particular safety rules are specified and no special experience is available, the following graph is given for information.



062/80

Voltage against spacing between conductors

Curve A:	partial discharge voltage (measured in accordance with Test 4b of IEC 512-2).	} uncoated, epoxide woven-glass fabric, chemically inactive dust
Curve B:	operating voltage where a derating factor of 2,5 is appropriate	
Curve C:	operating voltage where a derating factor of approximately 5 is appropriate	} uncoated, up to and including 3 000 m (10 000 ft)
Curve D:	operating voltage where a derating factor of approximately 11 is appropriate	
		} uncoated, up to and including 15 000 m (50 000 ft)

————— = indoors up to 1 000 m altitude
 - - - - - = outdoors, but enclosed, up to 1 000 m altitude

These curves have been used for many years with good results in the range of larger conductor spacings

NOTE - For spacings over 8 mm (0,315 in), the relations between voltage and spacing have to be determined for each case.

6.4.2 Tension de tenue entre couches

La tension admissible entre couches contiguës dépend de l'épaisseur et de la rigidité diélectrique de la couche isolante et peut être calculée directement à partir des valeurs spécifiées pour le matériau isolant.

6.5 Autres caractéristiques électriques

Dans des cas particuliers, d'autres caractéristiques électriques telles que la capacité, l'impédance de circuit, la dérive de fréquence, etc., peuvent présenter de l'importance.

La capacité entre couches d'une carte imprimée multicouche est supérieure à celle existant entre les couches d'une carte imprimée double face car l'espacement entre couches peut n'être alors que le dixième de celui d'une carte double face de 1,6 mm d'épaisseur. Il convient que les concepteurs soient conscients du risque accru de bruit et de courants de charge. Par contre l'augmentation de capacité entre les couches des circuits de signaux et les couches des circuits masse-tension réduit généralement l'intermodulation.

Les conducteurs de couches internes étant enfermés ne peuvent dissiper la chaleur autant que ceux situés sur les faces. Le concepteur est conseillé sur cet aspect en 6.2.1.

Il n'est pas opportun de couvrir toutes les caractéristiques possibles avec une norme générale de la CEI. Il revient au concepteur de considérer toutes les caractéristiques possibles lorsqu'il conçoit une carte imprimée particulière.

7 Caractéristiques mécaniques

7.1 Adhérence de l'impression conductrice

7.1.1 Force d'adhérence des conducteurs

L'adhérence d'un conducteur au support isolant dépend d'une grande variété de facteurs, tels que la largeur du conducteur, la température, le matériau de base à recouvrement métallique, les procédés, les revêtements, les contraintes antérieures de température, résultant, par exemple, des opérations de brasage, etc.

L'adhérence d'un conducteur est généralement exprimée par la force d'adhérence, c'est-à-dire la force par unité de largeur, nécessaire pour «décoller» le conducteur du support isolant.

Lorsqu'on utilise les supports isolants cuivrés conformes à la CEI 249-2 et des procédés normaux conformes aux règles de l'art, les valeurs de force d'adhérence données au tableau 6 peuvent être obtenus pour des conducteurs de la largeur supérieure ou égale à 0,8 mm (0,03 in) et des températures ambiantes normales:

Tableau 6 – Force minimale d'adhérence

Support isolant	Force minimale d'adhérence	
	N/m	lb/in
Papier phénolique	0,8	4,5
Papier époxyde	1,1	6,3
Tissu de verre époxyde	1,1	6,3
Tissu de verre PTFE	A l'étude	

Les valeurs à température élevée sont à l'étude.

6.4.2 Voltage proof between layers

The permissible voltage between adjacent layers depends on the thickness and the dielectric strength of the insulating layer and may be calculated directly from the values specified for the insulating materials.

6.5 Other electrical characteristics

In some special cases, other electrical characteristics, such as capacitance, circuit impedance, frequency drift, etc., may be important.

The capacitance between layers of multilayer printed boards will be higher than that between layers of double-sided printed boards since the separation can be as little as 10 % of that of a 1,6 mm double-sided board. Designers should be aware of the increased risk of noise and surge currents. However, the increased capacitance between signal layers and power and ground layers generally reduces crosstalk.

Internal conductors, being encapsulated, cannot dissipate heat as easily as those on the surface. Sub-clause 6.2.1 gives design guidance.

It is not expedient to cover all possible features by a general IEC standard. The designer, however, should consider all possible features when designing a particular printed board.

7 Mechanical characteristics

7.1 Adhesion of the conductive pattern

7.1.1 Peel strength of conductors

The adhesion of a conductor to the base material depends on a great variety of factors, such as conductor width, temperature, metal-clad base material, processes, coatings, previous temperature stresses, for example due to soldering operations, etc.

The adhesion of a conductor is usually expressed as peel strength, i.e. as the force per unit width required to peel off the conductor from the base material.

When copper-clad base materials as covered by IEC 249-2 and normal processes in accordance with good current practice are used, the values of peel strength given in table 6 should be obtained for conductors over 0,8 mm (0,03 in) width and at normal ambient temperatures.

Table 6 – Minimum peel strength

Base material	Minimum peel strength	
	N/m	lbf/in
Paper phenolic	0,8	4,5
Paper epoxide	1,1	6,3
Glass fabric epoxide	1,1	6,3
Glass fabric PTFE	Under consideration	

Values at elevated temperature are under consideration.

Pour les conducteurs de largeur inférieure à 0,8 mm (0,03 in), les valeurs peuvent être inférieures car l'influence de faibles imperfections dans la couche adhésive est relativement plus importante.

7.1.2 Adhérence des pastilles des trous non métallisés

L'adhérence d'une pastille au matériau de base dépend d'une grande variété de facteurs, tels que température, aire de la pastille, matériau de base à recouvrement métallique, procédés, contraintes antérieures de température, résultant, par exemple, des opérations de brasage, etc.

L'adhérence d'une pastille est exprimée généralement par la force d'arrachement, c'est-à-dire la force normale à la surface de la carte imprimée, nécessaire pour arracher la pastille du matériau de base.

La force d'arrachement est souvent spécifiée pour un diamètre donné de pastille. L'expérience montre qu'il n'existe pas de corrélation linéaire entre la surface de la pastille et la force nécessaire pour arracher la pastille, particulièrement pour les pastilles de faible dimension. Cette non-linéarité peut être souvent négligée car la force d'arrachement atteinte en pratique est de l'ordre de grandeur de la résistance à la traction des fils normalement utilisés pour les sorties de composants et est considérablement plus élevée que les limites spécifiées dans la CEI 249-2.

<i>Exemple:</i> Diamètre de la pastille.....	4 mm (0,16 in)
Diamètre du trou	1,3 mm (0,051 in)
Force d'arrachement selon la CEI 249-2-1	50 N minimum
Force d'arrachement atteinte en pratique	moyenne environ 150 N
Résistance à la traction d'un fil de cuivre de diamètre 0,8 mm (0,031 in)	environ 130 N.

Lorsque l'essai de la force d'arrachement est prescrit dans la spécification applicable, il est recommandé d'effectuer l'essai 11a de la CEI 326-2, après des opérations répétées de brasage simulées par l'essai 19d ou 19e de la CEI 326-2.

7.1.3 Force d'arrachement, trous métallisés

Un facteur important est l'adhérence de la métallisation à la paroi du trou. Lorsqu'on utilise des trous métallisés avec pastille sur l'une ou les deux faces de la carte imprimée, la force d'arrachement est une combinaison de:

- la force d'arrachement de la pastille supérieure;
- la force d'arrachement de la métallisation de la paroi du trou;
- la résistance à la traction de la pastille sur la face opposée de la carte.

On n'effectue, en principe, la recherche des informations sur l'adhérence de la métallisation à la paroi d'un trou que sur des trous métallisés sans pastille.

La force d'arrachement d'un trou métallisé sans pastille dépend du diamètre du trou et de la rugosité de la paroi ainsi que de l'épaisseur de la carte imprimée.

La force d'arrachement est exprimée généralement par la force normale à la surface de la carte, nécessaire pour arracher la métallisation du trou du matériau de base.

For conductors below 0,8 mm (0,03 in) width the values may be lower as the influence of small imperfections in the adhesive layer will be relatively greater.

7.1.2 Adhesion of lands at plain holes

The adhesion of a land to a base material depends on a great variety of factors, such as temperature, land area, metal-clad base material, processes, previous temperature stresses, for example due to soldering operations, etc.

The adhesion of a land is usually expressed as pull-off strength, i.e. as force normal to the surface of the printed board required to separate the land from the base material.

The pull-off strength is often specified for a given land diameter. Experience shows that there is no linear correlation between the land area and the force required to separate the land, particularly for smaller lands. This non-linearity may often be neglected since the pull-off strength normally achieved in practice is of the order of magnitude of the tensile strength of the wires normally used for component terminations and is considerably higher than the limits specified in IEC 249-2.

<i>Example:</i> Land diameter	4 mm (0,16 in)
Hole diameter	1,3 mm (0,051 in)
Pull-off strength according to IEC 249-2-1	50 N minimum
Pull-off strength achieved in practice	approx. 150 N average
Tensile strength of copper wire 0,8 mm (0,031 in) diameter	approx. 130 N.

If a relevant specification is to include testing pull-off strength, it is recommended that Test 11a of IEC 326-2 be applied after repeated soldering operations simulated by Test 19d or 19e of IEC 326-2.

7.1.3 Pull-out strength, plated-through holes

An important factor is the adhesion of the plating to the wall of the hole. Where plated-through holes with lands on one or both sides of a printed board are used, the pull-out strength is a combination of

- the pull-off strength of the upper land;
- the pull-out strength of the plating at the wall of the hole;
- the retention strength of the land at the opposite side of the board.

Where information on the adhesion of the plating to the wall of a hole is sought, only landless plated-through holes should be considered.

The pull-out strength of a landless plated-through hole depends on the diameter and the roughness of the wall of the hole and on the thickness of the printed board.

The pull-out strength is usually expressed as the force normal to the surface of the printed board required to separate the plating of the hole from the base material.

La force est appliquée sur un fil brasé dans le trou sur lequel on effectue l'essai.

La force d'arrachement généralement atteinte en pratique est de l'ordre de grandeur de la résistance à la traction des fils normalement utilisés comme sorties de composants.

Exemple: Epaisseur de la carte 1,6 mm (0,063 in)
Diamètre de trou 1,3 mm (0,051 in)

Force d'arrachement atteinte en pratique lorsqu'on applique l'essai 11b de la CEI 326-2 après un cycle de l'essai 19d..... env. 200 N, en moyenne

Résistance à la traction d'un fil de cuivre de diamètre 0,8 mm (0,031 in) environ 130 N.

Lorsque l'essai de la force d'arrachement est prescrit dans la spécification applicable, il est recommandé d'effectuer l'essai 11b de la CEI 326-2, après opérations répétées de brasage simulées par l'essai 19d ou 19e de la CEI 326-2.

7.1.4 *Pliage des circuits imprimés souples*

Il convient que le nombre des zones de pliage soit réduit au minimum. Il est préférable que les trous métallisés et les zones de montage des composants ne soient pas situés dans la zone de pliage. Il y a lieu que les conducteurs ne présentent aucun changement de forme ou de direction sur la ligne de pliage. Il est bon qu'ils s'approchent de cette ligne et qu'ils la traversent en diagonale.

Il convient que les rayons de courbure soient aussi grands que possible. Le rayon de courbure autorisé dépend de l'épaisseur des conducteurs, de celle du matériau de base et de l'épaisseur totale de la carte imprimée souple terminée.

Autant que possible, les conducteurs seront situés dans le plan de la fibre neutre de la structure de la carte imprimée souple.

7.2 *Planéité*

La planéité d'une carte imprimée présente de l'importance pour la carte imprimée équipée, c'est-à-dire la carte imprimée avec les composants montés et l'opération de brasage exécutée. Un écart excessif de planéité peut causer des difficultés, par exemple:

- réduction des espaces de jeu lorsque la carte imprimée est montée en parallèle avec une autre carte ou un blindage;
- difficulté ou même impossibilité d'insertion entre guides étroits;
- contraintes mécaniques des composants et des joints brasés (avec un risque de défaut après un certain temps).

Pour des cartes imprimées de dimensions particulièrement grandes, il y a lieu de prendre des dispositions, si nécessaire, afin de prévenir les écarts excessifs de planéité en utilisant par exemple des moyens de renforcement ou des raidisseurs. Les opérations de brasage agissant sur la planéité, il est recommandé de monter les raidisseurs avant le montage et le brasage des composants.

The force is exerted on a wire soldered into the hole under test.

The pull-out strength normally achieved in practice is of the order of magnitude of the tensile strength of the wires normally used for component terminations.

<i>Example:</i> Board thickness	1,6 mm (0,063 in)
Hole diameter	1,3 mm (0,051 in)
Pull-out strength achieved in practice when applying Test 11b of IEC 326-2 after one cycle of Test 19d	approx. 200 N average
Tensile strength of copper wire 0,8 mm (0,031 in) diameter	approx. 130 N.

If a relevant specification is to include testing pull-out strength, it is recommended that Test 11b of IEC 326-2 be applied after repeated soldering operations simulated by Test 19d or 19e of 326-2.

7.1.4 Bending of flexible printed boards

The number of bend areas should be kept to a minimum. Plated-through holes and component mounting areas should not be located in the bend areas. Conductors should neither be wroughted nor change direction on the fold line. They should approach and traverse the fold line diagonally.

Bend radii should be kept as large as possible. The allowable bend radius depends on the conductor thickness, base material thickness, and the overall thickness of the finished flexible printed board.

Whenever possible the conductors should be positioned in the neutral axis of the structure of the flexible printed board.

7.2 Flatness

Flatness of the printed board is important for the printed board assembly, i.e. the printed board with the components mounted and the soldering operation completed. Undue deviation from flatness may cause difficulties, for example:

- reduction of clearance distances where the printed board is mounted parallel to another board or to shielding parts;
- difficult or even impossible insertion into narrow guides;
- mechanical load of components and solder joints (with the danger of failure after some time).

If necessary, particularly with larger printed boards, provision should be made to prevent undue deviation from flatness, for example by using appropriate reinforcement or stiffening means. Since the soldering operation influences the flatness, it is recommended that the stiffening means be mounted prior to mounting and soldering the components.

La planéité d'une carte imprimée dépend de plusieurs facteurs, tels que le matériau et les procédés de fabrication utilisés, la configuration de perçage, l'impression conductrice (une répartition uniforme du métal entraînera une meilleure planéité), les dimensions et le type de carte. Il n'y a pas, de ce fait, de corrélation directe entre les écarts de planéité et:

- le support isolant à recouvrement métallique;
- la carte imprimée;
- la carte imprimée équipée (composants montés et brasés).

Si nécessaire, l'écart de planéité d'une carte imprimée peut être contrôlé à l'aide de l'essai 12a de la CEI 326-2.

Les exigences de planéité ne s'appliquent qu'aux parties rigides des cartes flexorigides. Il ne convient pas de les appliquer aux parties souples des cartes flexorigides ni aux cartes imprimées souples.

8 Divers

8.1 Brasage tendre

Quand on utilise, ce qui est le cas général, une méthode de brasage simultané, la surface totale de métal du côté brasure, non protégée par une épargne de brasage, sera recouverte par une couche d'alliage de brasure.

Certaines configurations de l'impression conductrice donnent, pour le brasage simultané, de meilleurs résultats que d'autres (par exemple moins de ponts de brasure). Des exemples en sont donnés à la figure 6.

Lorsqu'on n'utilise pas d'épargne de brasage, il convient d'utiliser un espace minimal adéquat entre conducteurs adjacents et une configuration appropriée des conducteurs tenant compte du sens de passage sur la vague de brasure pour éviter les ponts de brasure.

L'utilisation d'une épargne de brasage permet de réduire l'espacement entre les conducteurs et de diminuer l'importance du sens de passage sur la vague de brasure en fonction des conducteurs, à condition que ces derniers soient convenablement recouverts par l'épargne de brasage (c'est-à-dire qu'elle recouvre au moins l'espace entre conducteurs adjacents jusqu'au bord d'un des conducteurs en regard).

NOTE - Si l'on utilise une épargne de brasage sur des zones conductrices de grandes dimensions non hachurées, on peut avoir un écaillage.

Pour éviter l'effet de radiateur et réduire les contraintes mécaniques, les zones conductrices de grandes dimensions doivent être quadrillées.

Lorsqu'une carte à trous métallisés comporte plus d'une couche conductrice, la coulée de la brasure dans le trou métallisé est affaiblie par la quantité de métal freinant l'élévation de la température sur les autres couches (couche interne ou côté composant ou les deux) qui jouent le rôle d'un radiateur.

Si des joints de brasure sont nécessaires dans des zones conductrices de grandes dimensions, il convient que ces zones soient aussi découpées, par exemple par des hachures. Il y a lieu d'introduire un frein thermique entre les pastilles et les zones conductrices importantes, par exemple en ne les reliant que par un ou des conducteurs étroits, nécessaires pour assurer la continuité électrique (pour exemples voir figure 7).

The flatness of a printed board depends on several factors, for example the material used, the production processes used, the hole pattern, the conductive pattern (even distribution of metal will normally give better flatness), size and type of the board. Hence there is no direct correlation between the deviation from flatness of:

- the metal-clad base material;
- the printed board;
- the printed board assembly (components mounted and soldered).

If necessary, the deviation from flatness of a printed board may be tested using Test 12a of IEC 326-2.

For flex-rigid printed boards flatness requirements should apply only to the rigid sections of the printed boards. They should not apply to the flexible sections of flex-rigid printed boards nor to flexible printed boards.

8 Miscellaneous

8.1 Soldering

When, as is the general case, mass soldering is used, all of the metal surface on the solder side of the printed board which is unprotected by solder resist will receive a solder coating.

Some arrangements of conductive pattern when mass soldered confer better results than others (for example less solder bridging). Examples are shown in figure 6.

Where solder resist is not used, a suitable minimum spacing between adjacent conductors and an appropriate configuration of conductors relative to the direction of soldering should be established in order to avoid solder bridging.

The use of solder resist permits a closer spacing between conductors, and the direction in which the soldering is carried out, relative to the conductors, becomes less important provided that the conductors are adequately covered by resist (i.e. that it extends at least to one adjacent side of adjacent conductors).

NOTE - Where solder resist is used on large conductive areas which are not broken up, flaking may occur.

To avoid heat sinking effects and to reduce mechanical stresses, large conductive areas should be broken up by cross-hatching.

When a printed board with plated-through holes contains more than one conductive layer, the solder flow in the plated-through hole will be adversely affected by the quantity of metal on the other layers (inner layer, component layer or both) acting as a heat sink.

If solder joints are required in large conductive areas, these areas should also be broken up, for example by cross-hatching. A thermal barrier should be introduced between lands and large conductive areas, for example by separating them except for small conductor(s) as necessary for electrical continuity (for examples, see figure 7).

Le rapport entre le diamètre du trou et la section de la sortie du composant qui y sera inséré est important.

Pour la fabrication, il est souhaitable d'utiliser des diamètres de trou et des tolérances normalisés.

Il convient que le diamètre du trou soit évidemment plus grand que le diamètre, ou la diagonale, de la sortie du composant; la dimension optimale de l'espace entre sortie et paroi du trou est toutefois un compromis dépendant de plusieurs paramètres, par exemple:

- pour faciliter l'insertion (particulièrement si elle est automatique), il convient que cet espace soit aussi grand que possible;
- pour avoir de bons joints soudés avec des trous non métallisés, il convient que cet espace soit aussi petit que possible; avec des trous métallisés une ouverture contrôlée est souhaitable.

NOTES

1 Trous métallisés:

- si l'on utilise des sorties de composants à section ronde, l'expérience montre qu'une différence de diamètres entre trou et sortie de 0,2 mm à 0,7 mm donne de bons résultats, qu'une valeur inférieure à 0,2 mm conduit à des difficultés d'insertion, et une valeur supérieure à 1 mm, à des difficultés de brasage;
- si l'on utilise des sorties de composants à section rectangulaire, l'expérience montre qu'une différence entre le diamètre du trou et la diagonale de la sortie du composant supérieure à 0,2 mm, avec en même temps une différence entre le diamètre du trou et l'épaisseur de la sortie inférieure ou égale à 0,7 mm, donne de bons résultats.

2 Trous métallisés et non métallisés:

- lorsqu'on brase dans un trou rond, métallisé ou non, des sorties de composants rectangulaires minces ayant un rapport de la largeur sur l'épaisseur considérable, des joints de brasure imparfaits peuvent être obtenus, dus à la différence des espaces entre trou et sorties de composants dans les deux axes. On peut améliorer la qualité de la brasure en donnant à de telles sorties de composants une forme en V.

La brasabilité d'une carte imprimée dépend aussi du revêtement de finition et de la détérioration causée par un stockage mal approprié. On applique généralement un revêtement protecteur temporaire sur les surfaces de cuivre nu.

La surface totale de l'impression conductrice est souvent revêtue d'étain-plomb ou d'étain pour préserver la brasabilité, et la brasabilité à long terme de l'étain-plomb peut être améliorée par fusion (voir également 3.2.1 c)).

Pour l'emballage des cartes imprimées, il y a lieu de prendre soin d'éviter toute contamination qui risquerait de diminuer la brasabilité.

Si des cartes imprimées sont stockées avant d'avoir subi les opérations de brasage, les conditions de stockage, c'est-à-dire température, humidité, pollution de l'air et temps de stockage, ont une influence sur la brasabilité. Lorsqu'on effectue des essais de brasabilité, les effets du stockage peuvent être simulés à l'aide d'un vieillissement accéléré.

Il convient de veiller tout spécialement à la protection des contacts d'extrémité de carte pendant toutes les étapes de fabrication, d'assemblage et de transport.

L'opération de brasage peut être effectuée en utilisant soit un flux non activé, soit un flux activé. Il convient toutefois de noter que, dans de nombreux cas d'application, le flux activé n'est pas autorisé, et que l'utilisation de flux non activé est spécifiée par l'utilisateur de l'équipement contenant la carte imprimée. Dans ce cas, il convient que le flux non activé soit aussi utilisé lorsqu'on contrôle la brasabilité.

The relationship between hole diameter and the cross-sectional dimensions of the component terminations is important.

From a production point of view, standard hole sizes and tolerances are desirable.

The hole diameter must obviously be greater than the diameter or the diagonal of the termination but the optimum clearance will be a compromise depending upon other factors, for example:

- to facilitate insertions (particularly when this is automated), the clearance should be as big as possible;
- for good solder joints with plain holes the clearance should be as small as possible, and with plated-through holes a controlled clearance is desirable.

NOTES

1 Plated-through holes:

- where round terminations are used, differences between hole and termination diameters of 0,2 mm to 0,7 mm have worked well in practice, whereas differences in diameter less than 0,2 mm or greater than 1 mm lead to difficulties in insertion or soldering;
- where rectangular terminations are used, a difference between hole diameter and termination diagonal greater than 0,2 mm and coincidentally, a difference between hole diameter and termination thickness not exceeding 0,7 mm has worked well in practice.

2 Plain and plated-through holes:

- where thin rectangular terminations having a very large width to thickness ratio are soldered into round plain or plated-through holes, imperfect solder joints may result due to different clearances in longitudinal and transverse direction of the termination. Solderability may be improved by using thin rectangular terminations having a V-shape.

The solderability of a printed board depends also upon the type of surface finish and deterioration due to adverse storage conditions. For bare copper surfaces, usually a temporarily protective coating is applied.

Often the entire surface of the conductive pattern is covered with tin-lead or tin to preserve solderability, and the long-term solderability of tin-lead may be improved by fusing it (see also 3.2.1 c)).

When printed boards are to be packaged, care should be taken to avoid any contamination which is likely to impair solderability.

When printed boards are stored prior to the soldering operation, the storage conditions, i.e. temperature, humidity, air pollution and storage time, will affect the solderability. When carrying out solderability tests, the effect of the storage may be simulated by accelerated ageing.

Special attention should be given to the protection of board edge contacts during all stages of manufacture, assembly and transit.

The soldering operation may be carried out using either non-activated or activated flux. It should be noted, however, that in many fields of application activated flux is not permitted, and the use of non-activated flux is specified by the user of the equipment containing the printed board. In this case, non-activated flux should also be used when testing the solderability.

Lorsque l'impression conductrice est revêtue d'un matériau susceptible de fondre, on peut avoir des problèmes avec les marquages et la réserve de brasage si l'on utilise un brasage simultané.

8.2 *Décollement interlaminaire*

Les cartes imprimées peuvent montrer des décollements interlaminaires après un choc thermique dû, par exemple, à l'opération de brasage.

Le décollement interlaminaire peut survenir en raison de procédés incorrects ou de matériaux non appropriés. L'essai 15a de la CEI 326-2 peut être prescrit afin de déterminer, en apportant la preuve que la carte imprimée supporte un choc thermique spécifié sans faire apparaître de décollement interlaminaire, qu'un procédé correct et un matériau approprié ont été utilisés.

Le décollement interlaminaire peut aussi survenir en raison de l'absorption d'humidité. Il peut être par conséquent nécessaire de faire sécher les cartes imprimées (par exemple en appliquant l'essai 18b de la CEI 326-2) avant l'opération de brasage.

Il n'y a pas lieu de considérer une décoloration ou un retrait de la résine le long des bords coupés des circuits imprimés flexibles comme des décollements interlaminaires.

8.3 *Inflammabilité*

8.3.1 *Généralités*

Il convient que les cartes imprimées et les cartes imprimées équipées soient conçues, les matériaux et composants choisis, de façon que la probabilité de feu dans le cas d'une utilisation anormale, d'un mauvais fonctionnement, d'une condition de défaut ou d'une défaillance prévisibles, soit réduite autant que possible. Le but recherché doit être d'éviter l'inflammation causée par la partie sous tension de la carte imprimée ou de la carte imprimée équipée, mais si l'inflammation et le feu se produisent, le but est de maîtriser le feu de telle façon qu'il soit contenu, de préférence dans les limites de la carte imprimée ou de la carte imprimée équipée.

Pour d'autres directives générales, voir la CEI 695-1-1.

8.3.2 *Concept de risque*

Il convient de prendre soin de réduire au minimum les risques relatifs aux cartes imprimées:

- de provoquer un feu par une inflammation d'origine électrique sur ou dans la carte imprimée (par exemple des conducteurs surchauffés, ou par un contournement créant un arc ou un cheminement entre conducteurs)

et/ou

- de développer le feu de composants montés sur la carte imprimée, ou de composants, cartes imprimées ou matières isolantes, placés tout près de la carte imprimée ou de la carte imprimée équipée

ou

- de contribuer à la propagation ou à l'extension du feu.

If the conductor pattern is overplated with a material which melts, problems may be encountered with legend and solder resist masking when mass soldering is used.

8.2 *Delamination*

After a thermal shock, for example due to the soldering operation, printed boards may show delamination.

Delamination may occur due to incorrect processing or inappropriate materials. To determine that correct processing and suitable materials have been used by proving the ability of the printed board to withstand a specified thermal shock without evidence of delamination, Test 15a of IEC 326-2 may be specified.

Delamination may also occur due to absorbed humidity. It may be necessary, therefore, that printed boards be dried (for example by application of Test 18b of IEC 326-2) prior to the soldering operation.

Discolouration or resin recession along trimmed edges of flexible printed boards should not be considered to be delamination.

8.3 *Flammability*

8.3.1 *General*

Printed boards and printed board assemblies should be so designed and material and components should be so chosen that the likelihood of fire in the event of foreseeable abnormal use, malfunction, fault condition or failure is reduced as far as possible. The practical aim must be to prevent ignition due to the electrically energised part of the printed board or printed board assembly, but if ignition and fire occurs, the aim is to control the fire, preferably so that it is limited to and contained within the boundaries of the printed board or the printed board assembly.

For further general guidance information see IEC 695-1-1.

8.3.2 *Hazard concept*

Care should be taken to minimize the risk that printed boards should:

- cause a fire by electrically induced ignition on or in the printed board (for example by overheated conductors or by flash-over and subsequent arcing or tracking between conductors)

and/or

- intensify a fire of components mounted on the printed board or of components, printed boards or insulating material located in close proximity to the printed board or the printed board assembly

or

- contribute to propagation or spreading of the fire.

Des circonstances extérieures exceptionnelles, telles qu'un grand incendie dans les environs, ou un usage délibérément abusif de la carte imprimée ou de la carte imprimée équipée, contrairement aux instructions de fonctionnement et aux conditions d'emploi, ne devraient pas être, en général, considérées comme bases de prescriptions relatives aux risques du feu.

Il convient également de prendre en considération les effets secondaires, tels que:

- aspersion de matières enflammées ou incandescentes qui provoque l'inflammation d'autres parties;
- émission par la carte imprimée de gaz inflammables, spontanés ou créés par des étincelles proches amenant la concentration au niveau d'inflammabilité, ce qui provoque l'inflammation d'autres parties;
- dégagement de fumée ou de gaz corrosifs ou toxiques lorsque la carte imprimée est en train de brûler ou est exposée à une source de température et d'énergie calorifique suffisantes. Ces dégagements peuvent constituer un risque plus sérieux que le feu.

NOTE - Des méthodes d'essai correspondantes sont à l'étude au sein de la CEI et de l'ISO.

8.3.3 *Considérations concernant les risques du feu pour la conception des cartes imprimées*

Les considérations suivantes se rapportent seulement aux cartes imprimées (définies dans la CEI 194) et à leur comportement en cas de feu. Les composants montés sur les cartes imprimées ne sont pris en considération que comme des sources d'inflammation possibles. On ne tient pas compte de l'interaction de ces composants en cas de feu, par exemple de leur inflammation réciproque et de leur comportement vis-à-vis de la propagation et de l'intensité du feu. En ce qui concerne le choix des composants par rapport aux risques du feu, voir la CEI 695-1-1.

Le choix des moyens destinés à éliminer ou à réduire au minimum les risques du feu incombe à l'ingénieur chargé de la conception et de la mise au point de la carte imprimée. Il doit examiner tous les aspects et toutes les influences agissant sur les cartes imprimées ou émanant de celles-ci. L'information suivante est fondée sur l'expérience de l'industrie et n'est donnée qu'à titre indicatif.

8.3.3.1 *Sécurité intrinsèque*

La carte imprimée ne peut pas être enflammée si les deux conditions suivantes prévalent:

- la puissance électrique disponible n'est pas suffisante pour provoquer un arc entre des conducteurs ou des composants montés sur la carte imprimée, ou l'échauffement excessif de ces conducteurs ou de ces composants. Il peut s'agir d'une situation normale, où la puissance est toujours assez faible, mais celle-ci peut être également obtenue en limitant automatiquement le courant dans les conditions de défaut (par exemple par une haute impédance de la source de courant) dans un intervalle de temps suffisamment court pour empêcher un échauffement excessif, et
- l'inflammation de la carte imprimée, ou de la carte imprimée équipée, par des sources d'inflammation extérieures n'est pas possible, soit du fait des mesures relatives à leur conception, blindage par exemple, soit parce qu'une source d'inflammation extérieure n'existe pas.

Unusual external events, such as the outbreak of a large fire in the ambient or deliberate misuse of the printed board or the printed board assembly contrary to the operating instructions and the conditions for use should generally be disregarded as a basis for fire hazard requirements.

Consideration should also be given to secondary effects, such as

- sprinkling of flaming or glowing material resulting in the ignition of other parts;
- emission of flammable gases from the printed board which could ignite spontaneously or due to adjacent sparks when the flammable concentration in air exists, resulting in the ignition of other parts;
- emission of toxic or corrosive smoke or gases when the printed board is burning or exposed to a source of sufficient temperature and heat energy. Such emissions may be a more serious hazard than fire.

NOTE - Relevant test methods are under consideration within IEC and ISO.

8.3.3 *Aspects relating to fire risk in the design of printed boards*

The following aspects relate only to printed boards (as defined in IEC 194) and their contribution in a fire situation. Components mounted on the printed boards are only taken into consideration as possible ignition sources. The interaction of such components in a fire situation, for example their mutual ignition and their contribution to propagation and intensity of the fire, is not taken into account. For guidance on the selection of components with respect to fire risk, see IEC 695-1-1.

The choice of the means to eliminate or to minimize the fire risk is with the engineer concerned with the design and the development of the printed board. He has to consider all aspects and influences on and from the printed board. The following information is based on experience in industry and is given for guidance only.

8.3.3.1 *Inherent safety*

The printed board cannot be ignited if the following two conditions prevail:

- the electrical energy available is not sufficient to cause arcing between or overheating of conductors or components mounted on the printed board. This may be a natural situation where the energy is always low enough, but it may also be achieved by automatically limiting the current under fault conditions (for example by high impedance of the current source) with a time delay short enough to prevent undue heating, and
- ignition of the printed board or printed board assembly by external ignition sources is not possible, either due to design measures, for example shielding, or because an external ignition source does not exist.