

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

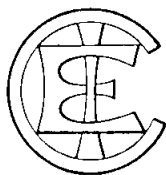
Publication 326-3
Première édition - First edition
1980

Cartes imprimées

Troisième partie: Etudes et application des cartes imprimées

Printed boards

Part 3: Design and use of printed boards



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
Genève, Suisse

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous :

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

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

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique ;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

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

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the I.E.V. 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:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology ;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 326-3
Première édition - First edition
1980

Cartes imprimées

Troisième partie: Etudes et application des cartes imprimées

Printed boards

Part 3: Design and use of printed boards

Mots clés: cartes de circuits imprimés;
dimensions, exigences;
propriétés; application;
protection contre les contaminations;
emballage.

Key words: printed circuit boards;
dimensions, requirements;
properties; application;
protection against contamination;
packaging.



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

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Introduction	6
2. Domaine d'application	8
3. Objet	8
4. Matériaux et finitions de surface	8
4.1 Matériaux (<i>à l'étude</i>)	8
4.2 Finitions de surface	8
5. Montage	10
6. Dimensions	12
6.1 Dimensions des cartes imprimées	12
6.2 Epaisseur de la carte	12
6.3 Dimensions des trous	14
6.4 Dimensions des fentes et encoches	16
6.5 Dimensions des conducteurs	16
6.6 Stabilité dimensionnelle (<i>à l'étude</i>)	22
7. Caractéristiques électriques	24
7.1 Résistance	24
7.2 Intensité maximale admissible	28
7.3 Résistance d'isolement	32
7.4 Tension de tenue	34
7.5 Autres caractéristiques électriques	38
8. Caractéristiques mécaniques	38
8.1 Adhérence de la configuration conductrice	38
8.2 Planéité	42
9. Divers	42
9.1 Brasage tendre	42
9.2 Décollement interlaminaire	44
9.3 Inflammabilité (<i>à l'étude</i>)	44
10. Emballage des cartes imprimées	46
10.1 Généralités	46
10.2 Matériaux	46
10.3 Processus d'application	48
FIGURES	50

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Introduction	7
2. Scope	9
3. Object	9
4. Materials and surface finishes	9
4.1 Materials (<i>under consideration</i>)	9
4.2 Surface finishes	9
5. Assembly	11
6. Dimensions	13
6.1 Outline dimensions of printed boards	13
6.2 Board thickness	13
6.3 Dimensions of holes	15
6.4 Dimensions of slots and notches	17
6.5 Dimensions of conductors	17
6.6 Dimensional stability (<i>under consideration</i>)	23
7. Electrical characteristics	25
7.1 Resistance	25
7.2 Current-carrying capacity	29
7.3 Insulation resistance	33
7.4 Voltage proof	35
7.5 Other electrical characteristics	39
8. Mechanical characteristics	39
8.1 Adhesion of the conductive pattern	39
8.2 Flatness	43
9. Miscellaneous	43
9.1 Soldering	43
9.2 Delamination	45
9.3 Flammability (<i>under consideration</i>)	45
10. Packaging of printed boards	47
10.1 General	47
10.2 Materials	47
10.3 Procedures	49
FIGURES	50

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CARTES IMPRIMÉES

Troisième partie: Etudes et application des cartes imprimées

PRÉMABULE

- 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 vœu 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.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes N° 52 de la CEI: Circuits imprimés.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Nice en 1976. A la suite de cette réunion, le document 52(Bureau Central)141 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mai 1977.

Un article supplémentaire relatif à l'emballage des cartes imprimées fut diffusé aux Comités nationaux suivant la Procédure Accélérée en février 1978, à la suite de quoi le document 52(Bureau Central)153 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juillet 1978.

Des modifications, document 52(Bureau Central)169, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en janvier 1979.

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Italie
Allemagne	Norvège
Australie	Pays-Bas
Autriche	Pologne
Belgique	Roumanie
Brésil	Royaume-Uni
Canada	Suède
Danemark	Suisse
Egypte	Turquie
Espagne	Union des Républiques
Finlande	Socialistes Soviétiques
France	Yougoslavie
Israël	

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.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 52: Printed Circuits.

The first draft was discussed at the meeting held in Nice in 1976. As a result of this meeting, Document 52(Central Office)141 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in May 1977.

An additional clause on the type of packaging of printed boards was circulated to the National Committees under the Accelerated Procedure in February 1978, as a result of which, Document 52(Central Office)153 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in July 1978.

Amendments, Document 52(Central Office)169, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in January 1979.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Norway
Austria	Poland
Belgium	Romania
Brazil	South Africa (Republic of)
Canada	Spain
Denmark	Sweden
Egypt	Switzerland
Finland	Turkey
France	Union of Soviet
Germany	Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Italy	Yugoslavia
Netherlands	

CARTES IMPRIMÉES

Troisième partie: Etudes et application des cartes imprimées

1. Introduction

La Publication 326 de la CEI est applicable aux cartes imprimées, indépendamment de leur procédé de fabrication, lorsqu'elles sont prêtes pour le montage des composants.

Elle est divisée en parties distinctes contenant des informations pour le concepteur, des recommandations pour le rédacteur de spécifications, des méthodes d'essais et prescriptions pour les différents types de cartes imprimées, par exemple cartes imprimées à simple et double face, cartes imprimées multicouches et cartes imprimées flexibles.

1.1 But de la troisième partie

La Publication 326-3 de la CEI contient des informations de base sur la conception et l'utilisation des cartes imprimées, leurs limitations techniques et les caractéristiques principales qui peuvent être normalement obtenues et auxquelles on peut s'attendre.

Elle est destinée à être utilisée comme guide pour le concepteur et l'utilisateur de cartes imprimées.

1.2 Publications de la CEI associées

La présente norme doit être utilisée conjointement avec les publications suivantes de la CEI:

- 65: Règles de sécurité pour les appareils électroniques et appareils associés à usage domestique ou à usage général analogue, reliés à un réseau.
- 68: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique.
- 97: Système de grille pour circuits imprimés.
- 194: Termes et définitions concernant les circuits imprimés.
- 249: Matériaux de base à recouvrement métallique pour circuits imprimés.
- 321: Guide pour la conception et l'utilisation des composants destinés à être montés sur des cartes de câblages et circuits imprimés.
- 326-1: Cartes imprimées, instructions pour le rédacteur de spécifications (à l'étude).
- 326-2: Cartes imprimées, Deuxième partie: Méthodes d'essai.
- 326-4: Spécification pour cartes imprimées simple et double face à trous non métallisés.
- 326-5: Spécification pour cartes imprimées simple et double face à trous métallisés.
- 326-6: Spécification pour cartes imprimées multicouches.
- 512-2: Composants électromécaniques pour équipements électroniques; procédures d'essai de base et méthodes de mesure, Deuxième partie: Examen général, essais de continuité électriques et de résistance de contact, essais d'isolement et essais de contrainte diélectrique.

PRINTED BOARDS

Part 3: Design and use of printed boards

1. Introduction

IEC Publication 326 is applicable to printed boards, irrespective of their method of manufacture, when they are ready for the mounting of the 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 single and double sided, multilayer and flexible printed boards.

1.1 Purpose of Part 3

IEC Publication 326-3 contains fundamental information on the design and the application of printed boards, their technical limitations and the main 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.

1.2 Associated IEC publications

This standard shall be used in conjunction with the following IEC publications:

- 65: Safety Requirements for Mains Operated Electronic and Related Apparatus for Household and Similar General Use.
- 68: Basic Environmental Testing Procedures.
- 97: Grid System for Printed Circuits.
- 194: Terms and Definitions for Printed Circuits.
- 249: Metal-clad Base Materials for Printed Circuits.
- 321: Guidance for the Design and Use of Components Intended for Mounting on Boards With Printed Wiring and Printed Circuits.
- 326-1: Printed Boards, Instructions for the Specification Writer (under consideration).
- 326-2: Printed Boards, Part 2: Test Methods.
- 326-4: Specification for Single and Double Sided Printed Boards with Plain Holes.
- 326-5: Specification for Single and Double Sided Printed Boards with Plated-through Holes.
- 326-6: Specification for Multilayer Printed Boards.
- 512-2: 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.

2. Domaine d'application

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

3. Objet

Donner au concepteur et à l'utilisateur des cartes imprimées des informations en matière de spécification, conception et utilisation des cartes imprimées.

4. Matériaux et finitions de surface

4.1 Matériaux

A l'étude.

4.2 Finitions de surface

4.2.1 Finitions métalliques

Il convient de choisir pour la configuration conductrice une finition en rapport avec l'utilisation de la carte imprimée. Le type de finition peut influencer le processus 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 largement utilisés de finition de surface sont donnés ci-dessous. Ces exemples ne comportent pas de valeur d'épaisseur en raison des différences entre les applications.

a) Cuivre: sans placage additionnel. Souvent utilisé pour les cartes imprimées simple face sommaires (technique, imprimerie et gravure) et pour les cartes imprimées avec trous métallisés (par exemple: protection des trous à l'aide d'un film sec ou procédé additif ou semi-additif) sans prescriptions particulières de finition. Un revêtement de protection temporaire est généralement appliqué.

b) Etain-plomb (soudure) ou étain: utilisé pour préserver la brasabilité.

Note. — La brasabilité à long terme de l'étain-plomb peut être améliorée par fusion, mais après la fusion on obtient normalement une couche très mince d'étain-plomb à la transition entre la pastille et la paroi du trou. La brasabilité à cette transition peut être inférieure à celle des autres surfaces.

c) Or

d) Or sur nickel

e) Rhodium sur nickel

f) Rhodium sur nickel et or

g) Etain-nickel

} utilisés habituellement pour les contacts imprimés.

Des finitions différentes peuvent être utilisées dans différentes portions d'une même carte, mais les coûts de production peuvent en être affectés.

Lorsque des contacts imprimés sont utilisés, il convient d'appliquer un type de placage compatible avec le connecteur correspondant. On ne peut fixer de règles générales, le choix du placage étant fonction de plusieurs facteurs dont la plupart sont étroitement liés, par exemple:

2. Scope

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

3. Object

To give recommendations to the designer and the user of printed boards on matters relating to the specification, design and application of printed boards.

4. Materials and surface finishes

4.1 Materials

Under consideration.

4.2 Surface finishes

4.2.1 Metallic finishes

A suitable finish for the conductive pattern should be chosen, depending on the application of the printed board. The type of 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. These do not contain thickness values because of variations in applications.

a) Copper: without additional plating. Often used for simple single-sided printed boards (print and etch technique) and for printed boards with plated-through holes (e.g. tenting, additive or semi-additive processes) without special finish requirements. Usually a temporary protective coating is applied.

b) Tin-lead
or tin: used to preserve solderability.

Note. — Long-term solderability of tin-lead may be improved by reflowing, but after reflowing there is usually only a very thin layer of tin-lead left at the transition between land and wall of the hole. The solderability at this transition may be inferior to that at other areas.

c) Gold	}	usually used for printed contacts.
d) Gold on nickel		
e) Rhodium on nickel		
f) Rhodium on nickel and gold		
g) Tin-nickel		

Different finishes may be used on different parts of the same board, but production costs may be affected by this.

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

- type de placage du connecteur correspondant;
- caractéristiques générales du connecteur correspondant (forme, pression des contacts, etc.);
- endurance, nombre d'opérations que l'on peut espérer;
- caractéristiques électriques requises (par exemple résistance de contact);
- caractéristiques mécaniques requises (par exemple forces d'insertion/extraction).

La surface métallique du contact imprimé doit être lisse et exempte de défauts risquant de provoquer une diminution des propriétés électriques ou mécaniques. Cela peut être vérifié, si nécessaire, par contrôle visuel, essai 1 de la Publication 326-2 de la CEI. Lorsque seule une zone limitée de contact est importante, un masque de contrôle peut être utilisé; un exemple en est donné à la figure 2, page 50.

L'adhérence et l'épaisseur d'un placage sur l'impression conductrice peuvent être vérifiées à l'aide de l'essai 13a ou 13b (adhérence) ou de l'essai 13f (épaisseur) de la Publication 326-2 de la CEI. Cependant, quand on spécifie les essais de porosité 13c, 13d ou 13e, une certaine prudence est recommandée parce que l'applicabilité des essais et le niveau de confiance des résultats obtenus sont limités.

4.2.2 Finitions non métalliques

La surface d'une carte imprimée peut aussi être dotée de finitions non métalliques. De telles finitions et leur objet sont par exemple:

- a) les revêtements destinés à préserver la soudabilité de la configuration conductrice;
- b) les réserves de soudure destinées à éviter le mouillage de zones définies et un pontage entre parties de la configuration conductrice.

La réserve de soudure est normalement maintenue après l'opération de brasage et sert de revêtement protecteur permanent;

- c) les revêtements destinés à améliorer ou conserver les propriétés électriques de la carte imprimée. Ce type de revêtement peut être appliqué avant ou après l'opération de brasage.

5. Montage

Les sorties des composants ou sous-ensembles sont reliés à la configuration 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, œillets.

Les points de connexion sont de préférence disposés selon une grille ainsi qu'il est recommandé dans la Publication 97 de la CEI. 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 Publication 194 de la CEI.

- type of plating of the counter-part;
- design of counter-part (shape, contact pressure etc.);
- endurance, number of operations expected;
- electrical requirements (e.g. contact resistance);
- mechanical requirements (e.g. insertion/withdrawal forces).

The metal surface of the printed contact shall 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, Tests 1 of IEC Publication 326-2. Where only a limited contact zone is important, an inspection mask may be used; an example is given in Figure 2, page 50.

Adhesion and thickness of any plating on the conductive pattern may be verified by using Test 13a or 13b (adhesion) and Test 13f (thickness) of IEC Publication 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.

4.2.2 *Non-metallic finishes*

The surface of a printed board may also have non-metallic finishes. Such finishes and their purpose are for example:

- a) coatings to preserve the solderability of the conductive pattern;
- b) solder-resists to prevent wetting of defined areas and bridging between parts of the conductive pattern.

Normally the solder resist is not removed after the soldering operation and serves as a permanent protective coating;

- c) coatings to improve and/or maintain the electrical properties of the board. This type of coating may be applied before or after the soldering operation.

5. **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, e.g. punched-through pins/eyelets.

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

The connections should be located on the crosspoints of the grid lines. The position of the conductors, however, is independent of the grid; the conductors may not necessarily follow the grid lines, see IEC Publication 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 Publication 321 de la CEI.

6. Dimensions

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

6.2 Epaisseur de la carte

6.2.1 Cartes imprimées simple face, double face

Les valeurs relatives à l'épaisseur nominale des cartes sont :

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 Publication 249-2 de la CEI. Une spécification particulière de la Publication 249-2 de la CEI peut réduire le nombre des valeurs admises.

Les tolérances sur l'épaisseur du support isolant métallisé sont données dans la Publication 249 de la CEI.

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 Modification N° 1 à la Publication 321 de la CEI.

6.2.2 Cartes imprimées multicouches

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

Si une carte imprimée multicouches est prévue pour être utilisée avec un ou des connecteurs femelles, on applique les recommandations données dans la Publication 321 de la CEI, relatives à l'épaisseur de la carte et aux tolérances associées, dans la zone des contacts d'extrémité de carte. L'utilisation de connecteurs rapportés peut éviter les inconvénients dus à la tolérance sur l'épaisseur totale de la carte.

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 Publication 321 applies.

6. Dimensions

6.1 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 is usually obtainable for materials similar to those used for base materials. Care should be taken to avoid unnecessarily tight tolerances which may cause difficulties and may increase costs.

6.2 Board thickness

6.2.1 Single and double sided printed boards

The values of nominal board thicknesses are:

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 Publication 249-2. A particular specification of IEC Publication 249-2 may restrict the number of values allowed.

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

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 Amendment No. 1 to IEC Publication 321.

6.2.2 Multilayer printed boards

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

If a 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 Publication 321 apply. The use of two-part connectors may avoid problems due to the tolerance on the total board thickness.

6.2.3 Cartes imprimées flexibles

A l'étude.

6.3 Dimensions des trous

6.3.1 Trous non métallisés

Les diamètres nominaux recommandés et la tolérance sur ces valeurs figurent dans le tableau suivant:

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		

6.3.2 Trous métallisés

Le rapport du diamètre du trou à l'épaisseur de la carte devrait de préférence ne pas être 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.

Lorsqu'un trou métallisé est destiné à être utilisé comme trou de connexion, 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 au paragraphe 6.3.1 afin de s'adapter aux sorties du composant ou du sous-ensemble.

Le tableau ci-après définit les diamètres *nominaux* et *minimaux* des trous de connexion:

Diamètre nominal du trou		Diamètre minimal du trou	
(mm)	(in)	(mm)	(in)
0,4	0,016	0,35	0,014
0,5	0,020	0,45	0,018
0,6	0,024	0,55	0,022
0,8	0,031	0,75	0,029
0,9	0,035	0,85	0,033
1,0	0,039	0,9	0,035
1,3	0,051	1,2	0,047
1,6	0,063	1,5	0,059
2,0	0,079	1,9	0,075

Le diamètre maximal du trou métallisé est fonction de l'épaisseur de métallisation et des tolérances sur cette épaisseur et sur le diamètre du trou.

6.2.3 Flexible printed boards

Under consideration.

6.3 Dimensions of holes

6.3.1 Plain holes

The following nominal hole diameter and deviations from nominal are recommended:

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		

6.3.2 Plated-through holes

The ratio hole diameter/board thickness should preferably be not less than 1 : 3. Smaller 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 interlayer connection only, the tolerance on hole diameter, particularly the minimum hole diameter, is usually not important.

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 Sub-clause 6.3.1, in order to fit the terminations of the component or sub-assembly.

Hence the following *nominal* and *minimum* diameters are recommended for component holes:

Nominal hole diameter		Minimum hole diameter	
(mm)	(in)	(mm)	(in)
0.4	0.016	0.35	0.014
0.5	0.020	0.45	0.018
0.6	0.024	0.55	0.022
0.8	0.031	0.75	0.029
0.9	0.035	0.85	0.033
1.0	0.039	0.9	0.035
1.3	0.051	1.2	0.047
1.6	0.063	1.5	0.059
2.0	0.079	1.9	0.075

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

On spécifie habituellement une épaisseur minimale de métallisation; des écarts d'épaisseur de métallisation de 0 à +100% sont généralement inévitables.

L'épaisseur moyenne recommandée du revêtement en cuivre d'un trou est d'au moins 25 μm (0,001 in) avec une épaisseur minimale d'environ 15 μm à 18 μm (0,0006 à 0,0007 in). Si nécessaire, il convient de vérifier cette épaisseur au moyen d'un essai approprié, par exemple une coupe micrographique.

6.4 Dimensions des fentes et encoches

En principe, des fentes, encoches, etc., de dimensions et formes raisonnables, peuvent être exécutées comme 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.

6.5 Dimensions des conducteurs

6.5.1 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 paragraphe 7.2).

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 placage métallique, qualité de la gravure) et l'uniformité de l'épaisseur du conducteur.

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.

6.5.1.1 Tolérances

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

Note — La largeur sur le cliché original de production est souvent utilisée comme largeur de conception, mais, dans ce cas, le cliché original de production doit être approuvé par l'acheteur.

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

		Très serrée	Serrée	Normale	Large
Processus de placage normalement non compris	(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
Placage sur métal compris	(mm)	+0,03 -0,05	+0,08 -0,05	+0,15 -0,1	+0,3 -0,2
	(in)	+0,001 -0,002	+0,003 -0,002	+0,006 -0,004	+0,012 -0,008

Minimum plating thicknesses will usually be specified and deviations in plating thickness 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 about 15 μm to 18 μm (0.0006 to 0.0007 in). If necessary this should be verified by a suitable test, for example microsectioning.

6.4 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 ± 0.1 mm (0.004 in) for length and width are suggested.

6.5 Dimensions of conductors

6.5.1 Conductor width

The conductor width should normally be chosen as large as possible for the particular design or layout of the conductive pattern but at least large enough for the current load to be expected (see also Sub-clause 7.2).

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.

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

6.5.1.1 Tolerances

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

Note. — The width in the original production master is often used as design width, but in that case the original production master must be approved by the purchaser.

Independent of the conductor width, the following permissible deviations are recommended:

	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	+0.3 -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 placage. 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 un total, 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.

6.5.1.2 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 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.

6.5.2 Espacement des conducteurs

L'espacement des conducteurs contigus doit être 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.

Le choix de l'espacement minimal doit pour le 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 au paragraphe 7.4.

L'espacement 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.

6.5.2.1 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 de conducteur, ces tolérances ne peuvent être spécifiées que si l'on spécifie aussi les tolérances sur la largeur du conducteur.

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, pinholes, 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%, specified in the relevant specification. If the current-carrying capacity is utilized to a high degree, the imperfections must be duly taken into account.

6.5.1.2 *Minimum conditions*

In certain cases it will be sufficient and even easier and more 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 must also be stated whether the minimum conductor width specified is the absolutely irreducible minimum value or whether imperfections, such as nicks, pinholes, holes or edge defects are permitted to reduce the specified minimum conductor width additionally.

6.5.2 *Spacing between conductors*

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

The minimum spacing shall be chosen at least so as to be suitable for the voltage applied. 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 must be accordingly taken into account. Some information on the relation between conductor spacing and applicable voltage is given in Sub-clause 7.4.

The spacing may be reduced if the relevant specification permits particles between conductors. Any reduction of the spacing due to metallic particles between conductors must 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.

6.5.2.1 *Tolerances*

Since the tolerance on conductor spacings 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.

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

- a) 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.
- b) 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

6.5.2.2 Conditions minimales

Dans certains cas, seule la spécification de conditions minimales est suffisante et même plus aisée 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.

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 particules entre conducteurs, réduisent davantage l'espacement minimal spécifié du conducteur.

6.5.3 Position de l'impression et des trous

6.5.3.1 Donnée de référence

L'utilisation de données de référence est recommandée pour fixer la position des impressions (y compris la configuration de perçage) dans les opérations de fabrication et de contrôle. Lorsqu'une carte imprimée contient plus d'une impression, la même donnée de référence doit être utilisée pour toutes les impressions.

La donnée de référence devrait de préférence être spécifiée par le concepteur. Une méthode souvent appliquée consiste à utiliser deux lignes perpendiculaires. Un exemple est donné à la figure 1, page 50.

6.5.3.2 Tolérance de position des axes 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 suivantes sont recommandées :

	Distance entre la position spécifiée du trou et la donnée de référence			
	Jusqu'à 150 mm inclus (6 in)		Au-delà de 150 mm (6 in)	
	(mm)	(in)	(mm)	(in)
Très serrée	0,05	0,002	0,1	0,004
Serrée	0,1	0,004	0,2	0,008
Normale	0,2	0,008	0,4	0,016
Large	0,4	0,016	0,8	0,032

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 between 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

6.5.2.2 Minimum conditions

In certain cases it will be sufficient and even easier and more 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.

If minimum conditions are to be used, the minimum conductor spacing permitted shall be specified. It shall 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.

6.5.3 Position of patterns and holes

6.5.3.1 Datum reference

To locate patterns (including hole pattern) 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 should 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 1, page 50.

6.5.3.2 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 following tolerances are recommended:

	Distance between specified position of the hole and datum reference			
	Up to and including 150 mm (6 in)		Over 150 mm (6 in)	
	(mm)	(in)	(mm)	(in)
Extra fine	0.05	0.002	0.1	0.004
Fine	0.1	0.004	0.2	0.008
Normal	0.2	0.008	0.4	0.016
Coarse	0.4	0.016	0.8	0.032

Quand la distance de la position spécifiée du trou à la donnée de référence est 150 mm (6 in) ou moins dans une direction et plus de 150 mm dans l'autre direction, la plus grande valeur de la tolérance de position est appliquée.

6.5.3.3 Distance entre trous

L'écart sur la distance entre deux trous est la tolérance de position définie au paragraphe 6.5.3.2.

Note. — Ecart = $\pm$ (tolérance de position rayon du trou 1 + tolérance de position rayon du trou 2);
= $\pm 1/2$ (tolérance de position du trou 1 + tolérance de position du trou 2).

6.5.3.4 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 de la même donnée de référence pour les deux configurations ainsi qu'il est recommandé au paragraphe 6.5.3.1 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.

6.5.3.5 Position de l'impression par rapport à la donnée de référence (concordance)

Cela ne nécessite normalement pas d'être spécifié pour les cartes imprimées simple et double faces, 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 à la donnée 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 la donnée 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)

6.5.3.6 Concordance entre faces

Cela ne nécessite pas d'être spécifié séparément. La valeur peut être obtenue à partir de la tolérance pour la position de l'impression par rapport à la donnée de référence. La tolérance pour 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.

6.6 Stabilité dimensionnelle

A l'étude.

When the distance of the specified position of the hole from the datum reference is 150 mm (6 in) or less in one direction and over 150 mm in the other direction, the larger value for the positional tolerance applies.

6.5.3.3 *Distance between holes*

The deviation on the distance between any two holes will be the positional tolerance as given in Sub-clause 6.5.3.2.

Note — Deviation = $\pm$ (radius positional tolerance hole 1 + radius positional tolerance hole 2);
 $\pm 1/2$ (positional tolerance hole 1 + positional tolerance hole 2).

6.5.3.4 *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 Sub-clause 6.5.3.1 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.

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

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

For other types of printed boards, 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 possible way to test the thin printed boards 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	± 0.05 mm	(0.002 in)
Normal	± 0.1 mm	(0.004 in)
Coarse	± 0.25 mm	(0.01 in)

6.5.3.6 *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.

6.6 *Dimensional stability*

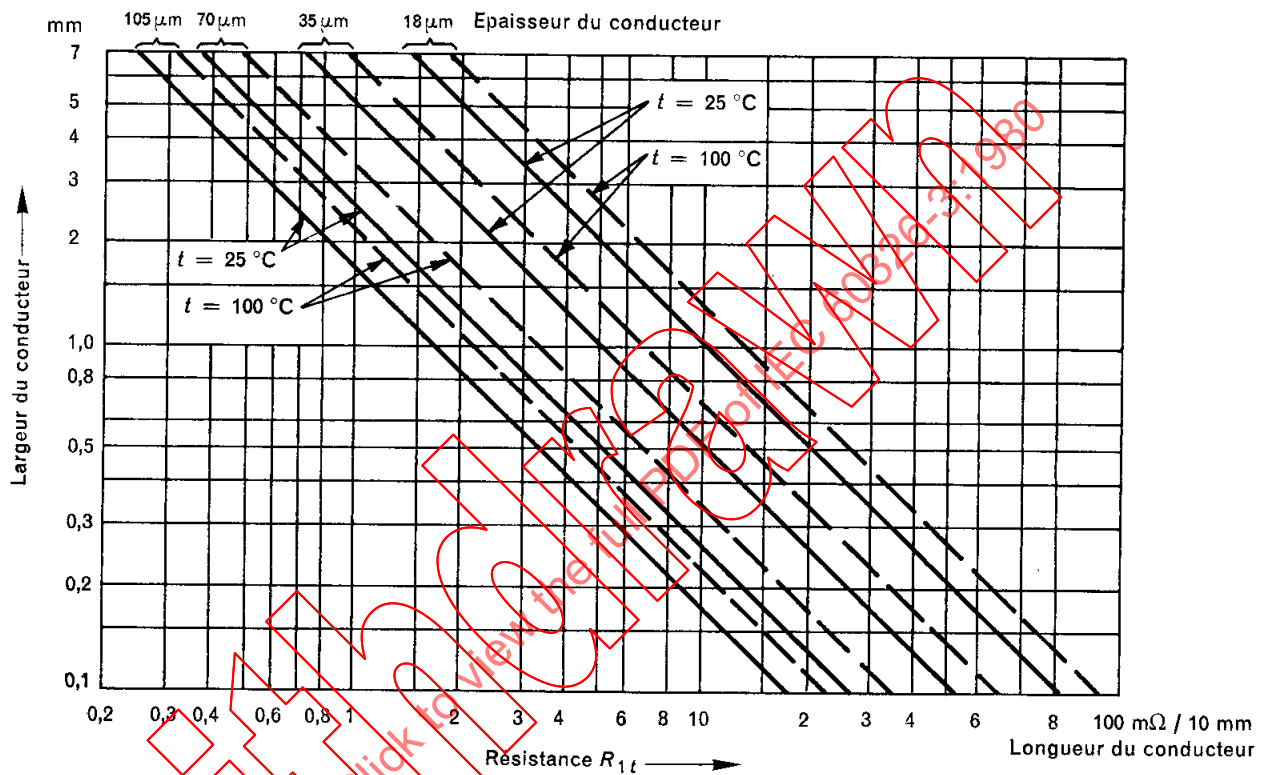
Under consideration.

7. Caractéristiques électriques

7.1 Résistance

7.1.1 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 minces, particulièrement de matériaux 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 placages épais de matériaux de résistivité relativement faible, par exemple le cuivre plaqué généralement présent sur les cartes imprimées à trous métallisés. Lorsqu'une estimation grossière est suffisante, on peut évaluer la résistance du conducteur avec placage additionnel de cuivre épais en ajoutant l'épaisseur de placage 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 est calculée si elle est requise.

7.1.2 Résistance des interconnexions

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

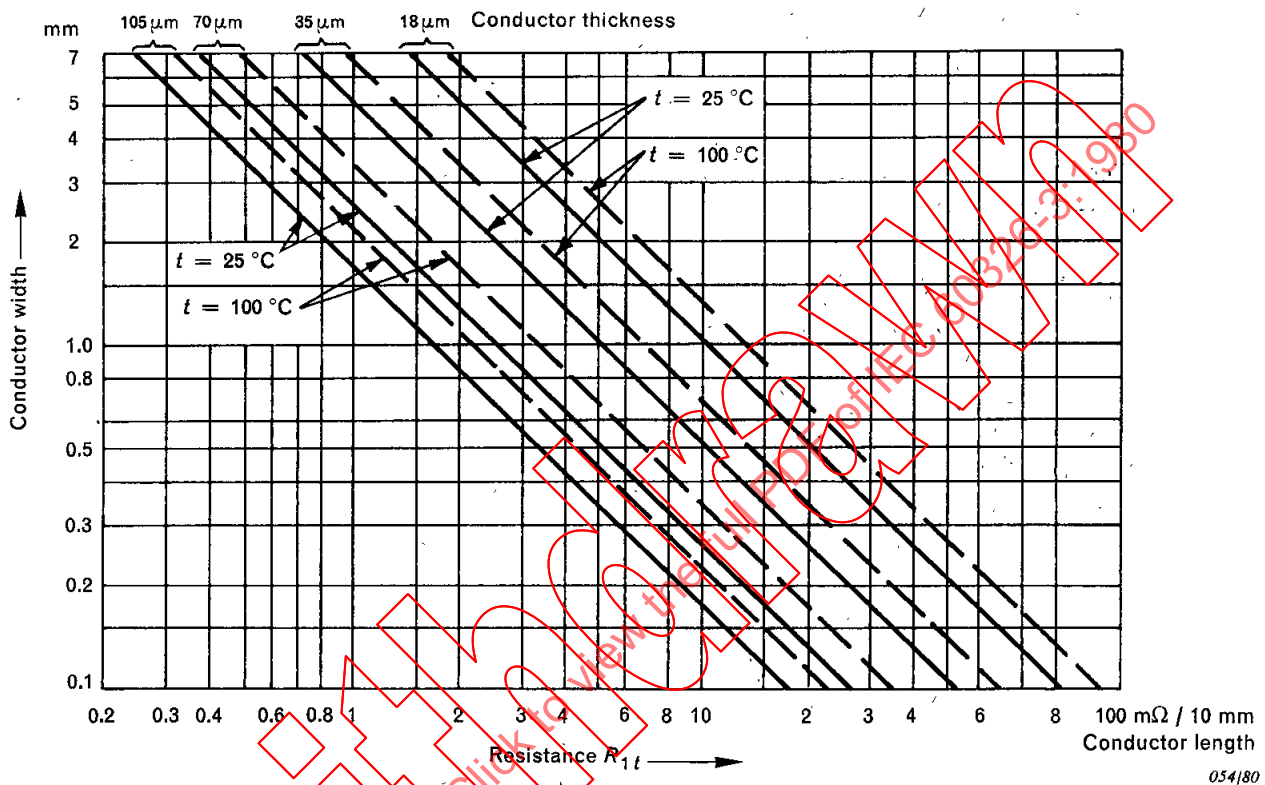
- la résistance de la métallisation d'un trou métallisé: R_1 ;
- la résistance de la connexion entre cette métallisation et un conducteur d'une couche interne: R_2 ;

7. Electrical characteristics

7.1 Resistance

7.1.1 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 such as 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 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 materials of the conductive foil other than copper, or other shapes of the conductor, the resistance of the conductor must be calculated, if required.

7.1.2 Resistance of interconnections

The resistance of an interconnection between two plated-through holes on a multilayer printed board consists normally of:

- the part R_1 of the plating in a plated-through hole;
- the part R_2 of the connection between that plating and a conductor on an internal layer;

- 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 au paragraphe 7.1.1, 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 Publication 326-2 de la CEI.

Il peut être avantageux d'introduire cet essai et les prescriptions 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.

7.1.3 Résistance des trous métallisés

La valeur de la résistance des trous métallisés n'est pas importante normalement pour le circuit électrique. Il peut cependant être avantageux d'introduire, dans la spécification applicable, l'essai et les prescriptions de variation de résistance pendant un choc thermique car les résultats de la mesure donnent une indication de la qualité de la métallisation et, donc, des procédés utilisés dans 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 de 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 valeur permanente de résistance après chaque cycle thermique.

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 Publication 326-2 de la CEI.

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.

- the part R_3 of that conductor;
- the part R_4 of the connection between that conductor and the plating in a second plated-through hole;
- the part 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 Sub-clause 7.1.1, the total interconnection resistance can be determined only by electrical measurement. A suitable test method is recommended in IEC Publication 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.

7.1.3 Resistance of plated-through holes

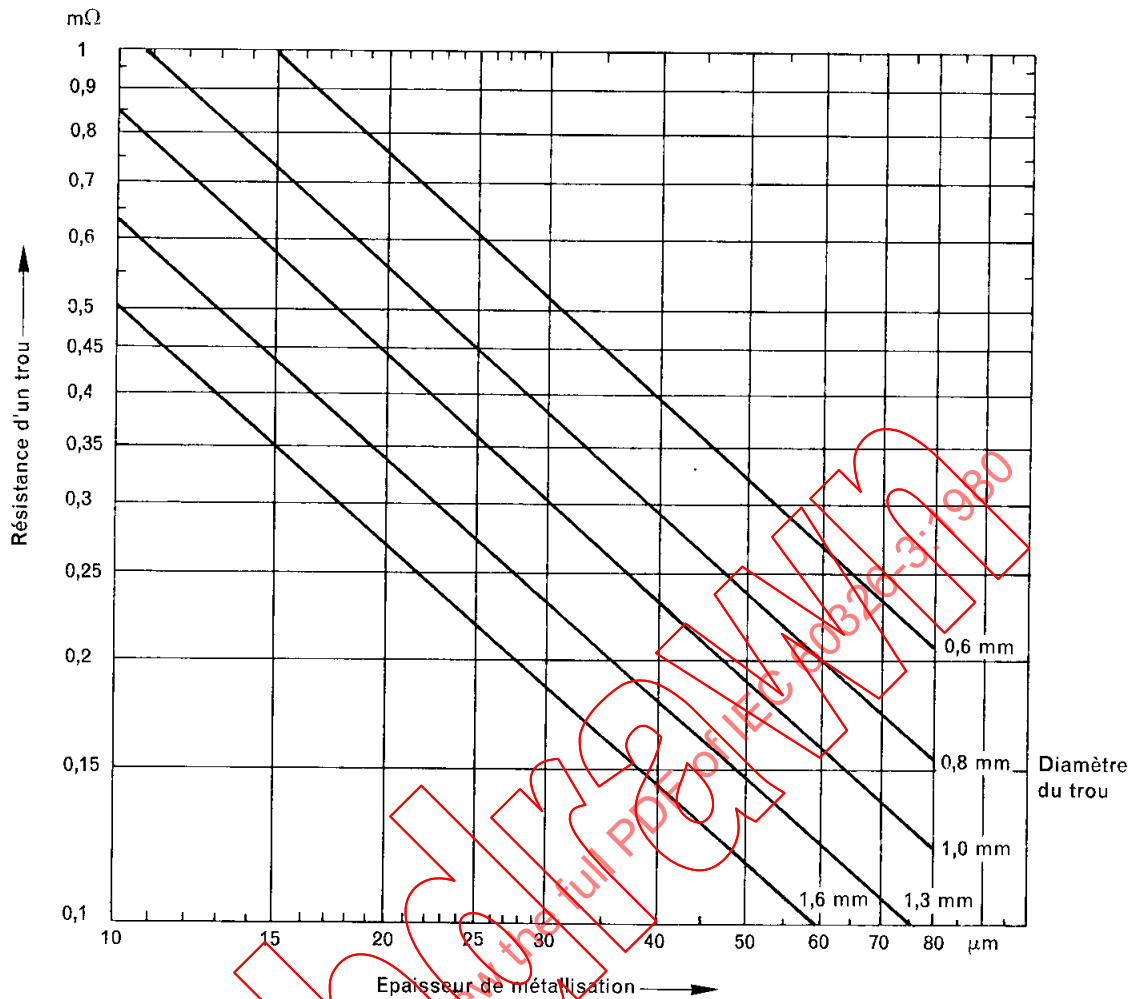
The value of the resistance of a plated-through hole is normally not important for the electrical circuit. It may be advantageous, however, to include the test and requirements for the change in resistance due to thermal stress testing in the relevant specification, since they give an indication of the quality of the plating and hence of the processes used in the production.

When a printed board is heated, for example by immersion into 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.

When the test is applied, the relevant specification shall 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 Publication 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.



055/80

7.2 Intensité maximale admissible

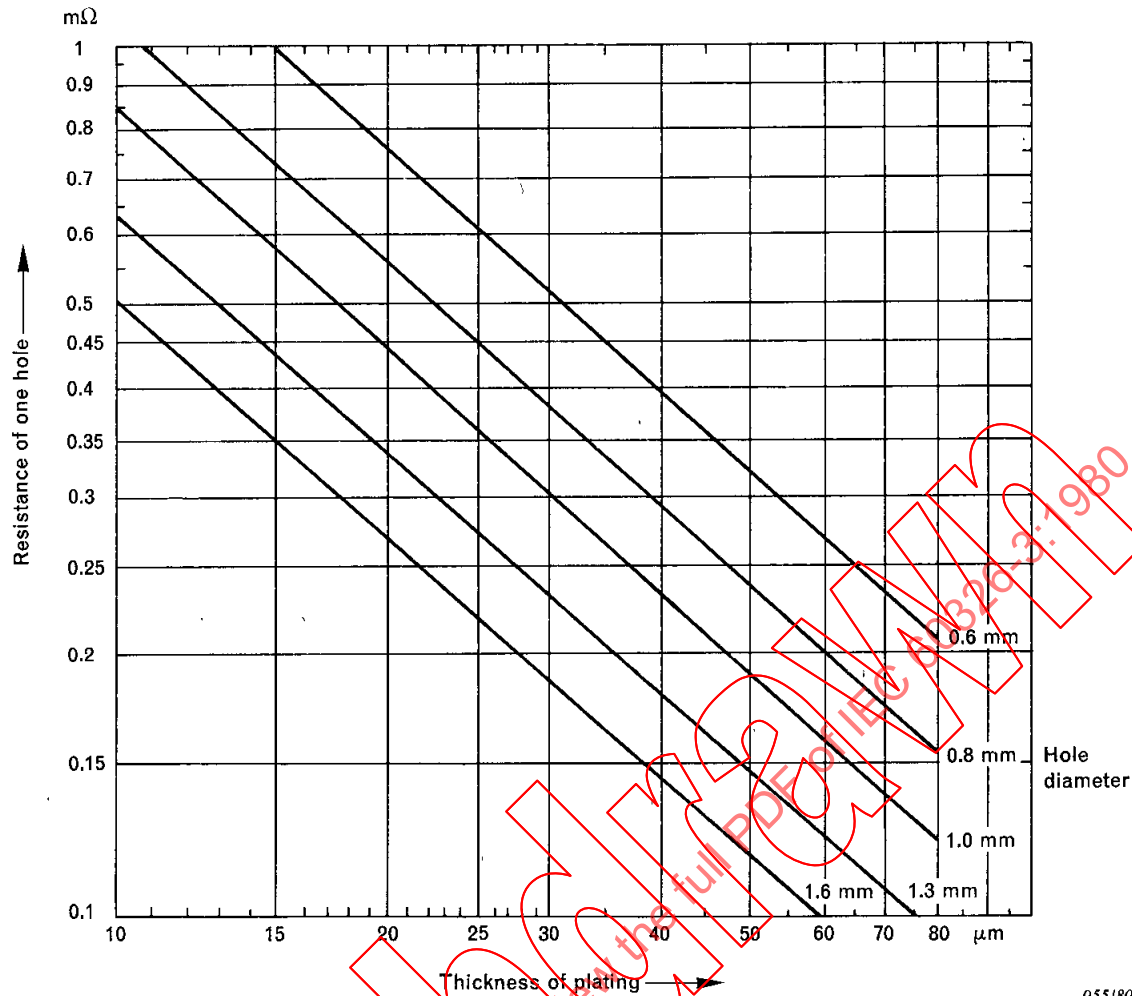
7.2.1 Courant continu, couches externes simples

Lorsque l'intensité en régime permanent est élevée ou que l'estimation est imprécise, l'intensité maximale admissible doit être déterminée en mesurant l'élévation de température du conducteur sous tension. On doit prendre soin d'englober les conditions extrêmes (électriques et d'ambiance) et d'utiliser une carte imprimée entièrement équipée et sous tension.

Dans beaucoup de cas, cependant, une estimation peut être suffisante. 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 de conducteurs les plus utilisées.

Ces diagrammes s'appliquent aux cartes imprimées simple face d'épaisseur nominale 1,6 mm (0,063 in) et 3,2 mm (0,125 in) à feuille conductrice de cuivre. Les placages métalliques additionnels tels que nickel, or ou étain ne sont pas pris en considération. Il est en outre supposé que les configurations normales, c'est-à-dire avec un espacement des conducteurs de même valeur que leur largeur ou de valeur plus importante, prédominant.

Les courbes comprennent une diminution de 10% pour tenir compte de variations normales dans les processus, les épaisseurs de cuivre et les variations de largeur de conducteur. La courbe pour 105 μm (0,004 in) comprend une diminution supplémentaire de 15%.



055/80

7.2 Current-carrying capacity

7.2.1 Continuous current, single external layers

Where the current-carrying capacity is important and/or an estimation is not sufficient, the current-carrying capacity must be determined by measuring the temperature rise of the conductors under load. Care must be taken to cover the extreme operational (electrical and ambient) conditions and to use the fully assembled and fully loaded printed board.

In many cases, however, estimation may be sufficient. 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.

The diagrams 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 further assumed that normal design conditions prevail where the conductor spacings are equal or larger than the conductor widths.

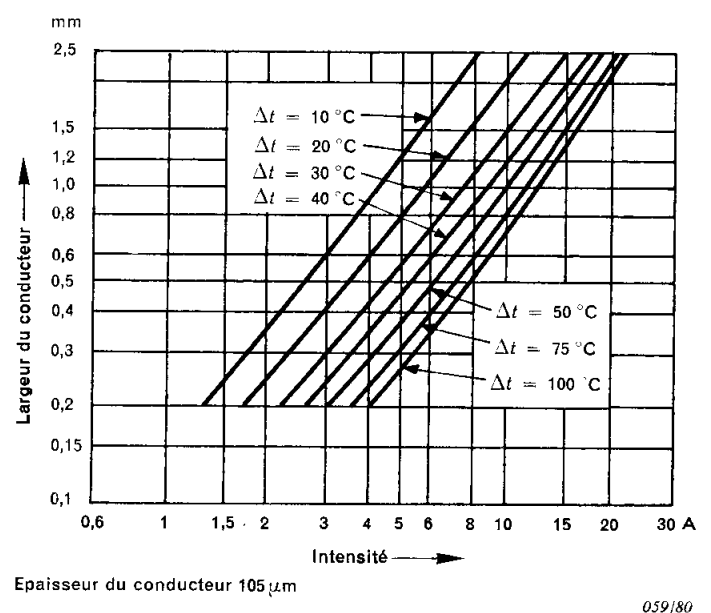
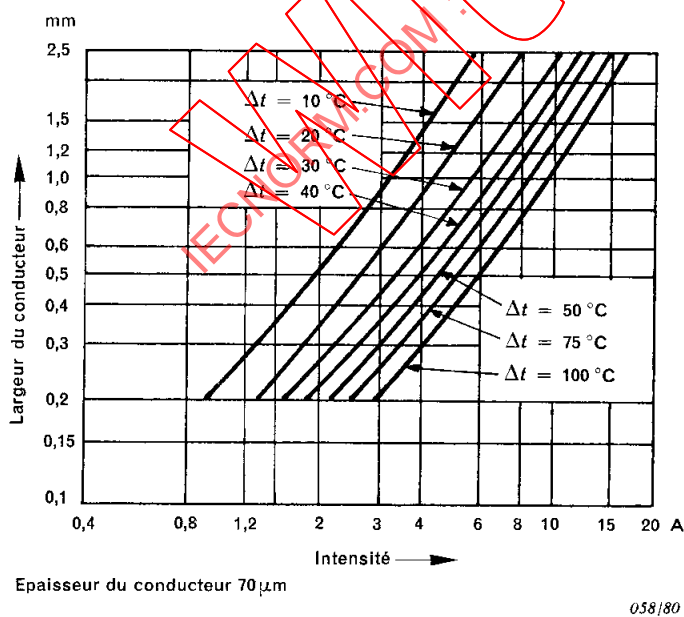
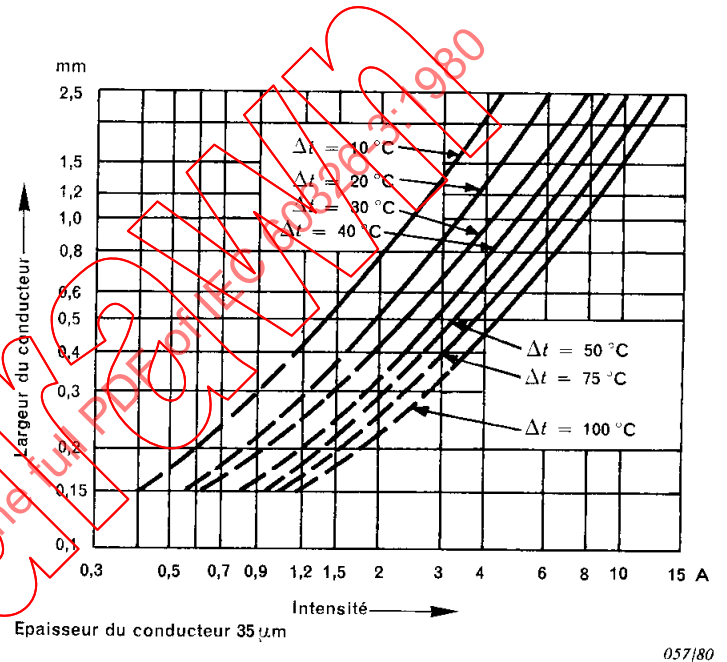
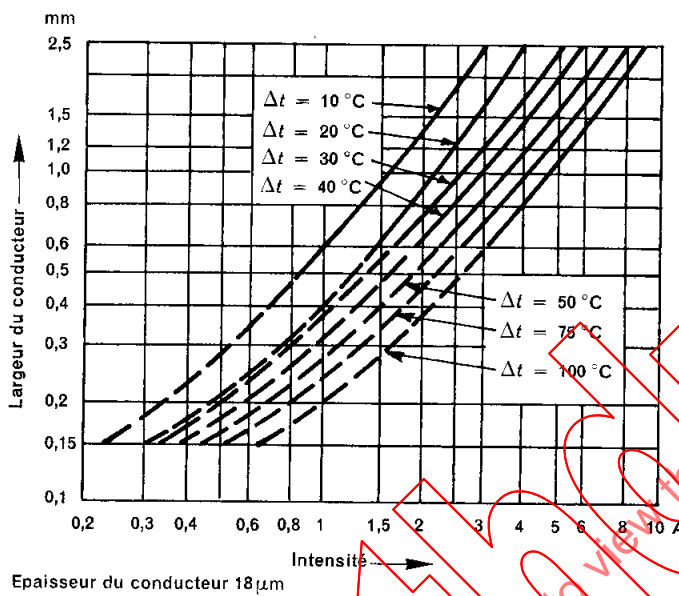
The curves as presented include a 10% derating to allow for normal variations in processing, copper thickness, and conductor width variations. The curve for 105 μm (0.004 in) includes an additional 15% derating.

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 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 l'épaisseur de la feuille de cuivre et l'intensité maximale admissible peut être estimée en utilisant la courbe de l'épaisseur la plus proche.

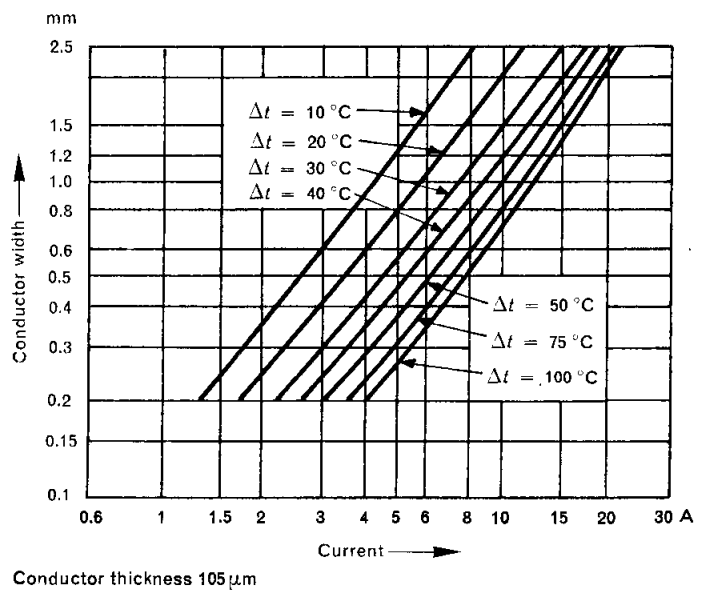
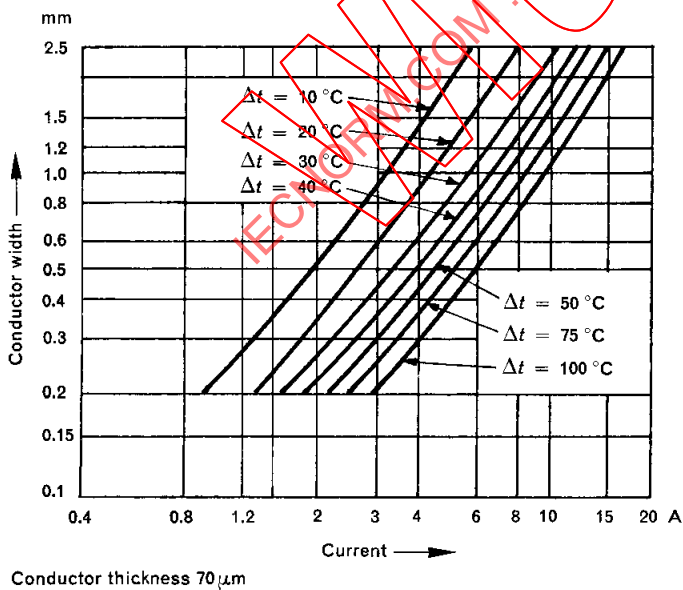
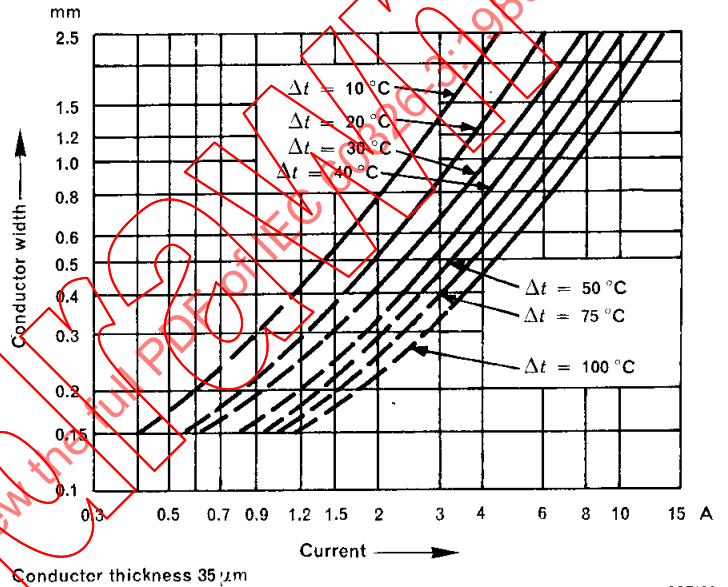
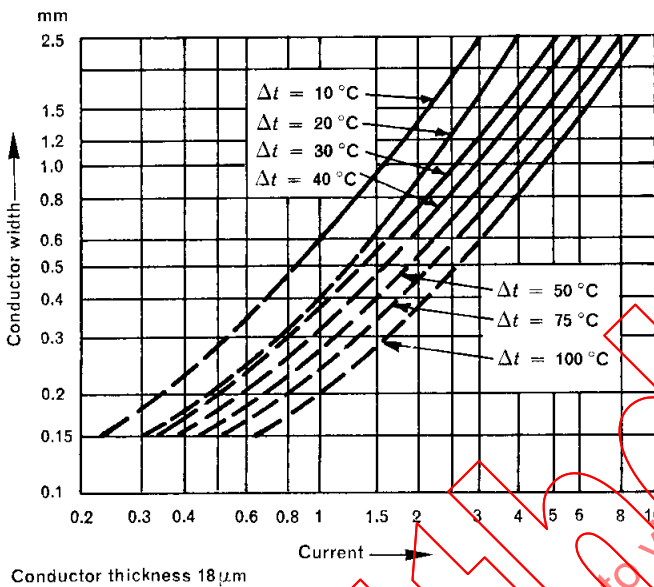


Additional derating of 15% is suggested

- a) for board thicknesses 0.5 mm (0.020 in) to 1.5 mm (0.059 in);
- b) if coating is applied;
- c) 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 using the curve for the nearest thickness.



056/80

057/80

058/80

059/80

7.2.2 Courant continu, cartes imprimées multicouches

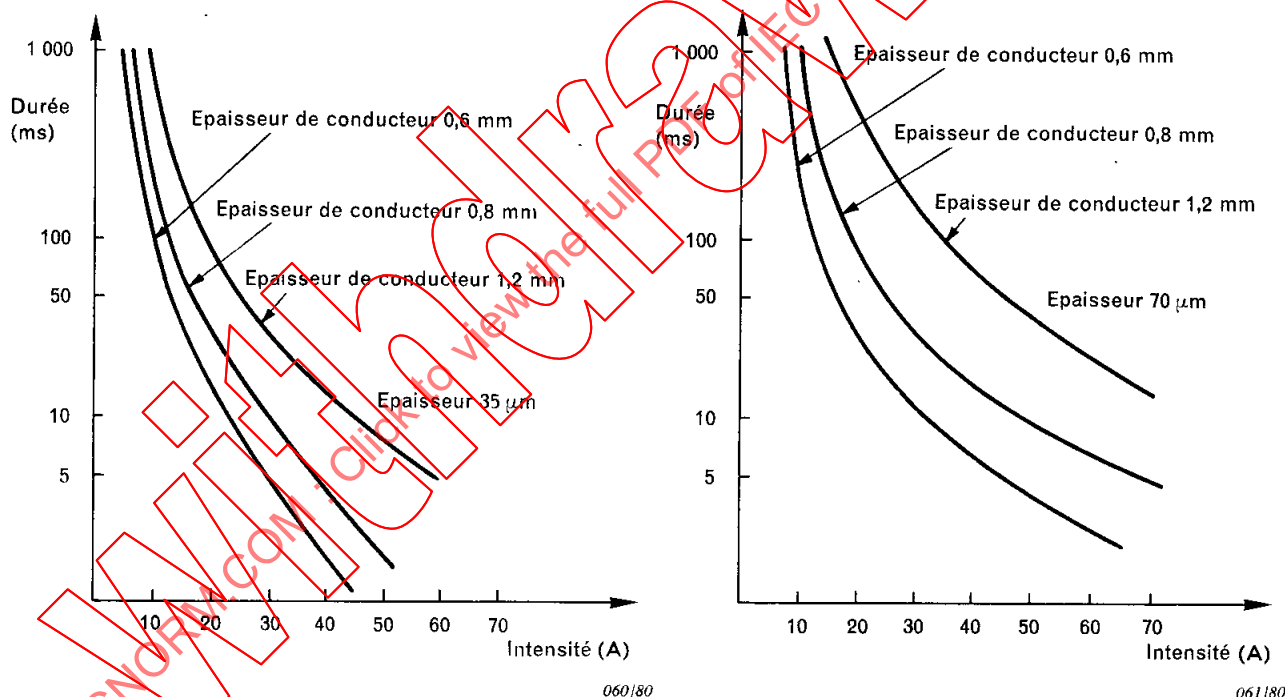
A l'étude.

7.2.3 Surcharge de courte durée

L'élévation de température d'un conducteur de carte imprimée parcourue 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 courts-circuits élevés et la dilatation due à la chaleur mettront aussi en œuvre des forces mécaniques considérables.

Les courbes ci-après sont données pour information. Elles sont prévues pour faciliter l'estimation des courants de courts-circuits 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 fusibles ou d'autres moyens de limiter les intensités.



7.3 Résistance d'isolement

7.3.1 Résistance d'isolement superficielle des couches

La résistance d'isolement dépend de la configuration conductrice en rapport avec cette couche, 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 :

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

7.2.2 Continuous current, multilayer printed board

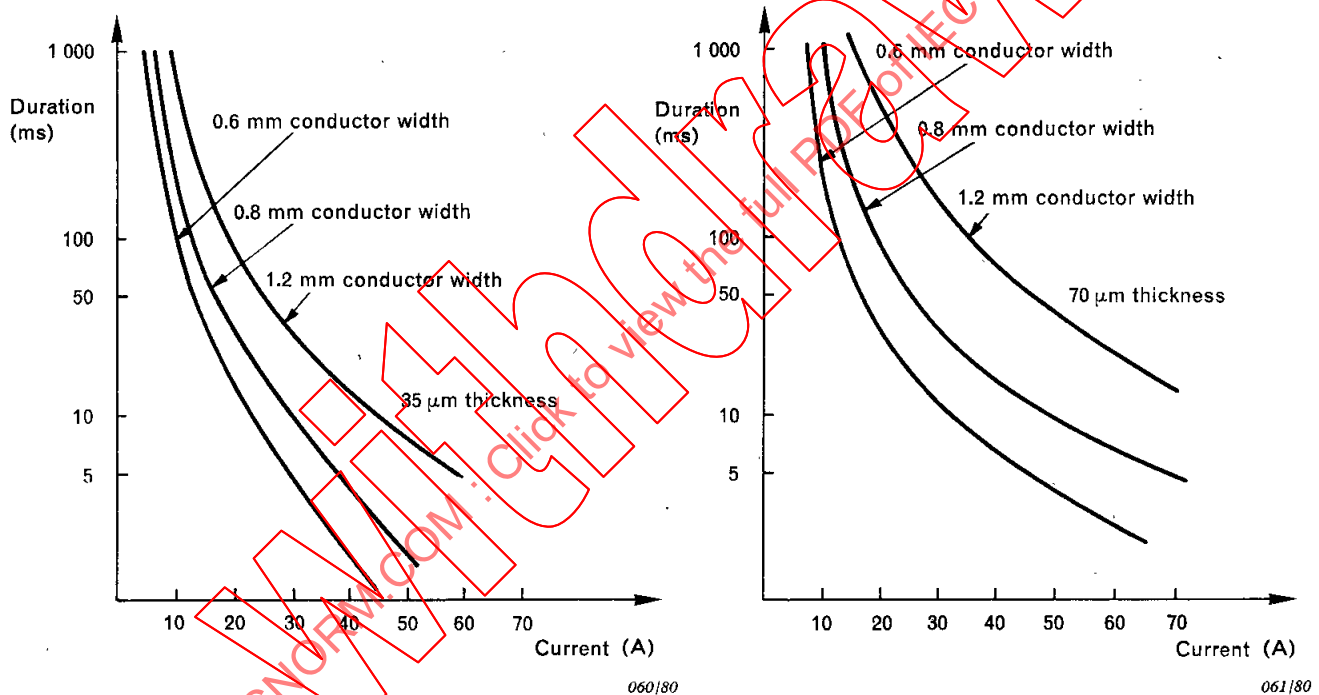
Under consideration.

7.2.3 Surge current

The degree of heating 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 does not only strain the adhesion between conductor and base material directly by the influence of heat and temperature, but the high short-circuit currents and the heat expansion will also exert considerable mechanical forces.

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.



7.3 Insulation resistance

7.3.1 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:

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

où

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

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

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

w = espacement entre les conducteurs

l = longueur des conducteurs parallèles

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 placage, brasage, contamination, poussière, 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 conformément au paragraphe 7.3.1. 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.

7.3.2 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 en volume, on ne peut donner de corrélation exacte avec les valeurs spécifiées dans la Publication 249 de la CEI pour le matériau de base à recouvrement métallique.

La résistance d'isolement peut être estimée très approximativement en utilisant la méthode décrite au paragraphe 7.3.1 et en négligeant l'influence de la résistance en volume. Cependant, lorsque cette résistance d'isolement prend une réelle importance, il convient de la déterminer à l'aide de mesures.

7.3.3 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 Publication 249 de la CEI. Cependant, lorsque la résistance d'isolement entre couches contiguës prend une réelle importance, il convient de la déterminer à l'aide de mesures.

7.4 Tension de tenue

7.4.1 Tension de tenue des couches de surface

La tension admissible entre conducteurs dépend d'une grande variété de facteurs tels que type de matériau de base, espacement, revêtement, 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.

where :

R_{is} = the minimum insulation resistance that can be expected between the conductors chosen

R_{mat} = the minimum insulation resistance specified in IEC Publication 249 for the material at specified temperature.

Note. — In IEC Publication 249, R_{mat} is called "Surface resistance" (see IEC Publication 249-1, Sub-clause 2.2).

w = the spacing between the conductors

l = the length of the parallel conductors

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 Sub-clause 7.3.1 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.

7.3.2 *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 Publication 249 for the metal-clad base material can therefore be given.

The insulation resistance may be estimated very roughly using the method described in Sub-clause 7.3.1 and disregarding the influence of the volume resistance. Where this insulation resistance, however, is really important it should be determined by measurement.

7.3.3 *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 Publication 249. If the insulation resistance between adjacent layers, however, is really important it should be determined by measurement.

7.4 *Voltage proof*

7.4.1 *Voltage proof of surface layers*

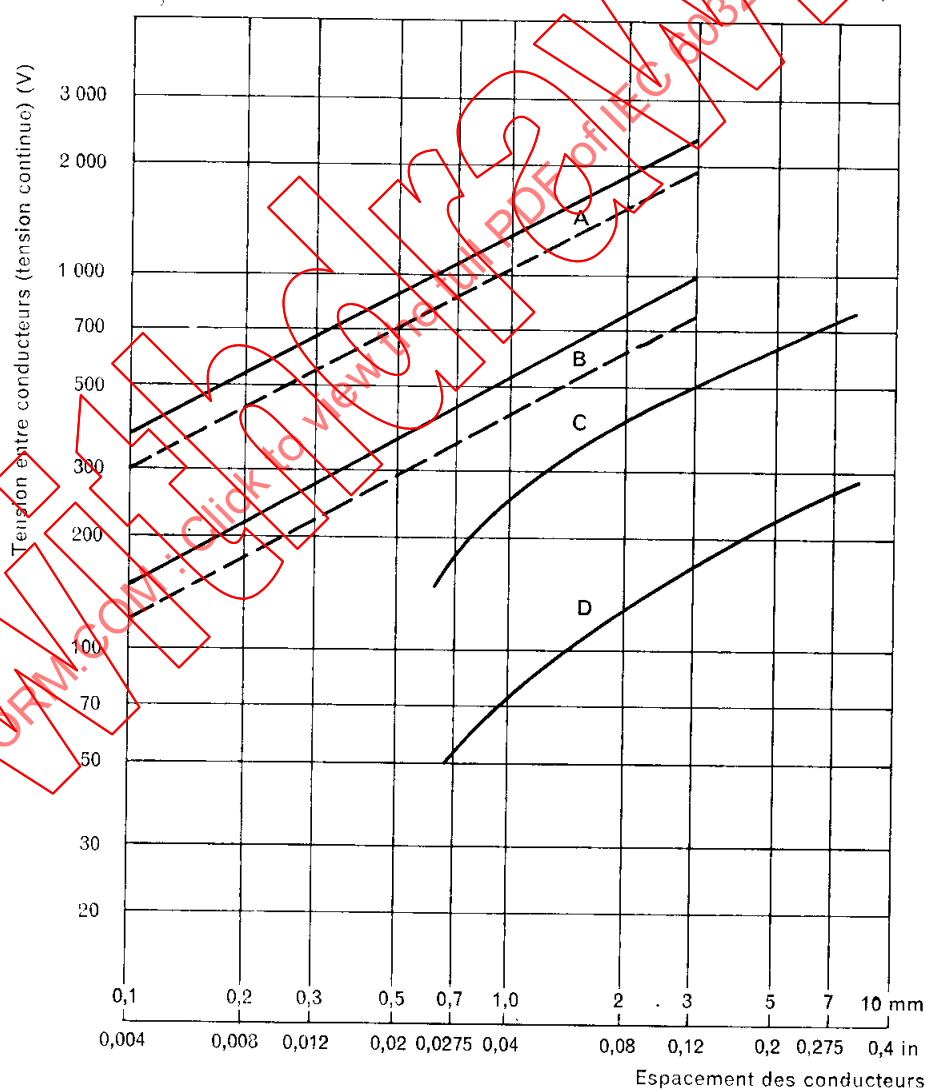
The voltage permissible between conductors depends on a great variety of factors such as spacing, type of base material, coating, environmental conditions and last but not least the applicable or specified safety rules. No generally applicable requirements can therefore be given.

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 poussière, 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.

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

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.



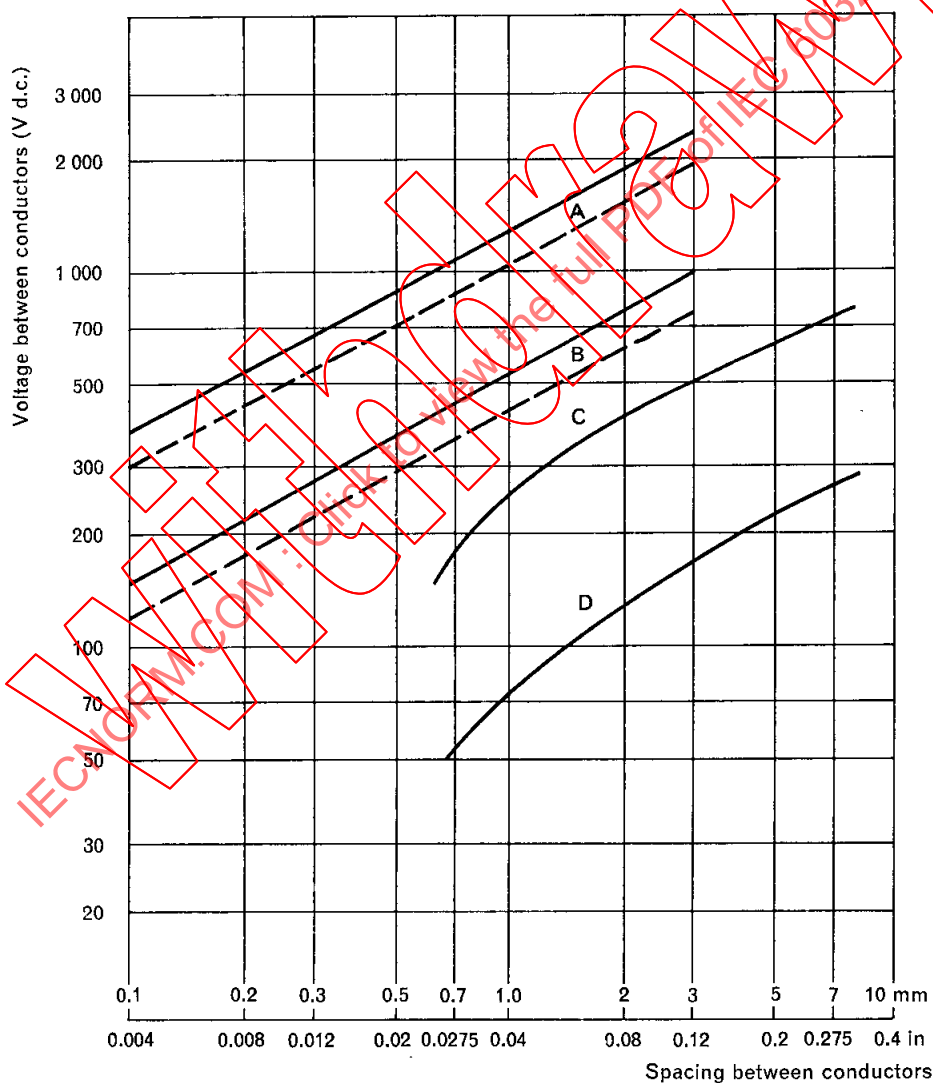
(Voir explication des courbes page 38)

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.

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

If no particular safety rules are specified and no special experience is available, the following graph is given for information:



062/80

(For explanation of curves see page 39)

Tension en fonction de l'espacement des conducteurs

Courbe A:	tension de décharge partielle (mesurée selon l'essai 4b de la Publication 512-2 de la CEI)	}	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			
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			
			————— = en local jusqu'à 1 000 m d'altitude	
			- - - - - = à l'extérieur, mais clos jusqu'à 1 000 m d'altitude	

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

7.4.2 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.

7.5 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.

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.

8. Caractéristiques mécaniques

8.1 Adhérence de la configuration conductrice

8.1.1 Force d'adhérence des conducteurs

L'adhérence d'un conducteur au support isolant dépend d'une grande variété de facteurs, tels que largeur du conducteur, température, matériau de base à recouvrement métallique, procédés, revêtements, contraintes prévues 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 Publication 249 de la CEI et des procédés normaux conformes aux règles de l'art, les valeurs de force d'adhérence ci-après peuvent être prévues pour des conducteurs de la largeur supérieure ou égale à 0,8 mm (0,03 in) et des températures ambiantes normales:

Support isolant	Force minimale d'adhérence	
	(N/mm)	(lbf/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	

Voltage against spacing between conductors

Curve A:	partial discharge voltage (measured in accordance with Test 4b of IEC Publication 512-2)	uncoated, epoxide woven-glass fabric, chemically inactive dust	
Curve B:	operating voltage where a de-rating factor of 2.5 is appropriate	————— = in rooms up to 1 000 m altitude ----- = outside buildings but closed, up to 1 000 m altitude	
Curve C:	operating voltage where a de-rating factor of approximately 5 is appropriate	uncoated, up to and including 3 000 m (10 000 ft)	These curves have been used for many years with good results in the range of larger conductor spacings
Curve D:	operating voltage where a de-rating factor of approximately 11 is appropriate	uncoated, up to and including 15 000 m (50 000 ft)	

Note. — For spacings over 8 mm (0.315 in), the relations between voltage and spacing have to be determined for each case.

7.4.2 Voltage proof between layers

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

7.5 Other electrical characteristics

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

It is inexpedient to cover all possible features by a general IEC standard. The designer, however, should consider all possible features when designing a particular printed board.

8. Mechanical characteristics

8.1 Adhesion of the conductive pattern

8.1.1 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, due for example 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 Publication 249 and normal processes in accordance with good current practice are used, the following values of peel strength can be expected for conductors over 0.8 mm (0.03 in) width and at normal ambient temperatures:

Base material	Minimum peel strength	
	(N/mm)	(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	

Les valeurs à température élevée sont à l'étude.

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 va augmenter relativement.

8.1.2 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 aire de la pastille, température, matériau de base à recouvrement métallique, procédés, contraintes prévues 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 Publication 249 de la CEI.

Exemple: Diamètre de la pastille	4 mm (0,16 in)
Diamètre du trou	1,3 mm (0,051 in)
Force d'arrachement selon la Publication 249-2-1 de la CEI	50 N min
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 Publication 326-2 de la CEI, après opérations répétées de brasage simulées par l'essai 19d ou 19e de la Publication 326-2 de la CEI.

8.1.3 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.

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

Values at elevated temperature are under consideration.

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 relatively increase.

8.1.2 Adhesion of lands at plain holes

The adhesion of a land to a base material depends on a great variety of factors, such as land area, temperature, metal-clad base material, processes, previous temperature stresses, due for example 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 in 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 Publication 249.

Example: Land diameter	4 mm (0.16 in)
Hole diameter	1.3 mm (0.051 in)
Pull-off strength according to IEC Publication 249-2-1	50 N min
Pull-off strength achieved in practice	approximately 150 N average
Tensile strength copper wire 0.8 mm (0.031 in) diameter	approximately 130 N

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

8.1.3 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.

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

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 Publication 326-2 de la CEI après un cycle de l'essai 19d moyenne environ 200 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 11b de la Publication 326-2 de la CEI après opérations répétées de brasage simulées par l'essai 19d ou 19e de la Publication 326-2.

8.2 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 défectuosité après un certain temps).

Pour des cartes imprimées de dimensions particulièrement grandes, des dispositions doivent être prises, 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.

La planéité d'une carte imprimée dépend de plusieurs facteurs, tels que par exemple le matériau et les procédés de fabrication utilisés, la configuration de perçage, la configuration 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 essayé à l'aide de l'essai 12a de la Publication 326-2 de la CEI.

9. Divers

9.1 Brasage tendre

On utilise généralement une méthode de brasage simultané. Dans ce cas la surface totale de métal du côté brasure de la carte imprimée sera brasée à l'exception des parties protégées par une réserve de brasage.

Pour éviter les chutes de température et réduire les contraintes mécaniques, les grandes surfaces conductrices sont généralement hachurées.