

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Modification

n° 1
Octobre 1984
à 1a

Publication 326-3
1980

Cartes imprimées

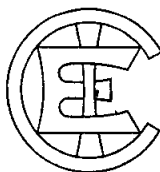
Troisième partie:
Etudes et application des cartes imprimées

Printed boards

Part 3:
Design and use of printed boards

Amendment

No. 1
October 1984
to



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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60326-13:1980/AMD1:1984

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Modification

n° 1
Octobre 1984
à la

Publication 326-3
1980

Cartes imprimées

Troisième partie:
Etudes et application des cartes imprimées

Printed boards

Part 3:
Design and use of printed boards

Amendment

No. 1
October 1984
to

Les modifications contenues dans le présent document ont été approuvées suivant la Règle des Six Mois.

Les projets de modifications, discutés par le Comité d'Etudes n° 52, furent diffusés en janvier 1983 pour approbation suivant la Règle des Six Mois, sous forme de documents 52(Bureau Central)223, 225 et 226.

The amendments contained in this document have been approved under the Six Months' Rule.

The draft amendments, discussed by Technical Committee No. 52, were circulated for approval under the Six Months' Rule in January 1983, as Documents 52(Central Office)223, 225 and 226.

© CEI 1984

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

7.2 Intensité maximale admissible

Remplacer le texte de ce paragraphe par ce qui suit:

7.2.1 Généralités

Les renseignements sur l'intensité maximale admissible donnés dans ce paragraphe 7.2 s'appliquent uniquement aux cartes imprimées et à leurs conducteurs. Il n'a pas été tenu compte des influences exercées sur les composants lorsqu'ils sont montés sur la carte et/ou utilisés avec la carte, ni de l'influence des composants eux-mêmes. En outre, il n'a pas été tenu compte de l'effet d'une source de chaleur externe qui pourrait contribuer à accroître la température de la carte imprimée.

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

La température due à la puissance dissipée peut se produire:

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

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

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

7.2 *Current-carrying capacity*

Replace the text of this sub-clause by the following:

7.2.1 *General*

The information on current-carrying capacity given in this Sub-clause 7.2 is applicable only to printed boards and the conductors upon them. Any influence from and on components mounted on and/or used with the printed boards is not taken into account. The effect from any external heat source that might contribute to elevate the temperature of the printed board is also disregarded.

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

The temperature due to power dissipation may occur:

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

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

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

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

Dans la plupart des cas, cependant, une estimation peut être suffisante. Les renseignements donnés aux paragraphes 7.2.2 et 7.2.3 se veulent une aide à l'estimation des élévations de température et des limites de courant, c'est-à-dire de la charge électrique. Ces renseignements reposent sur les mesures et sur l'expérience, mais il faut bien garder en mémoire que ces renseignements, tout comme leurs applications pour déterminer les températures ou les courants limites, impliquent nécessairement des hypothèses, des généralisations et des simplifications qui conduisent à une exactitude limitée.

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

7.2.2 Courant continu

7.2.2.1 Dissipation de la chaleur - Couche extérieure à simple face

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

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

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

Une diminution supplémentaire de 15% est suggérée:

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

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

In many cases however, estimation may be sufficient. The information given in Sub-clauses 7.2.2 and 7.2.3 has been prepared as an aid in estimating temperature rises and limits of the currents, i.e. the electrical load. The information is based on measurements and experience but it should carefully be kept in mind that the information and its application for estimating temperatures or current limits necessarily implies assumptions, generalizations and simplifications which lead to limited accuracy.

Where an estimation is not sufficient, i.e. where the current-carrying capacity is important or if there is any danger of hot spots, the current-carrying capacity 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.

7.2.2 *Continuous current*

7.2.2.1 *Heat dissipation on single external layers*

The following diagrams have been prepared as an aid in estimating temperature rises against current for various conductor widths and the most common conductor thicknesses. They apply to single-sided printed boards of 1.6 mm (0.063 in) to 3.2 mm (0.125 in) nominal thickness using copper as conductive material. Additional platings, such as nickel, gold or tin are disregarded.

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

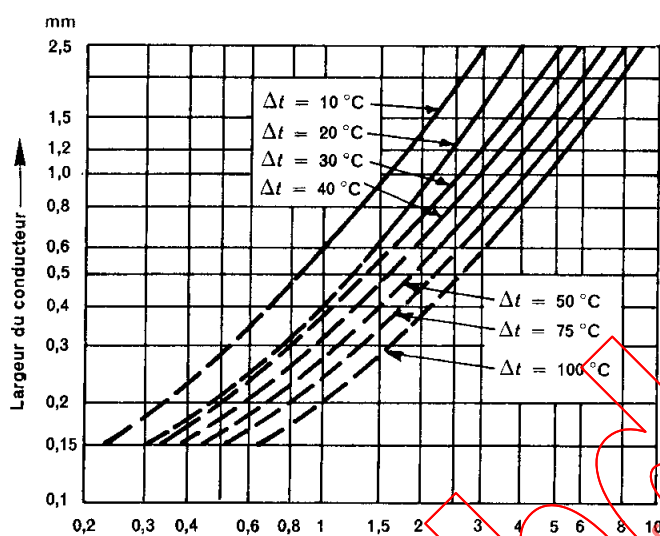
The curves as presented include a 10% derating to allow for normal variations in processing, copper thickness, and conductor width variations. The curve for 105 μm (0.004 in) includes an additional 15% derating.

Additional derating of 15% is suggested:

- a) for board thicknesses 0.5 mm (0.020 in) to 1.5 mm (0.059 in);
- b) if conformal coating is applied;
- c) if conductor spacings are smaller than conductor widths.

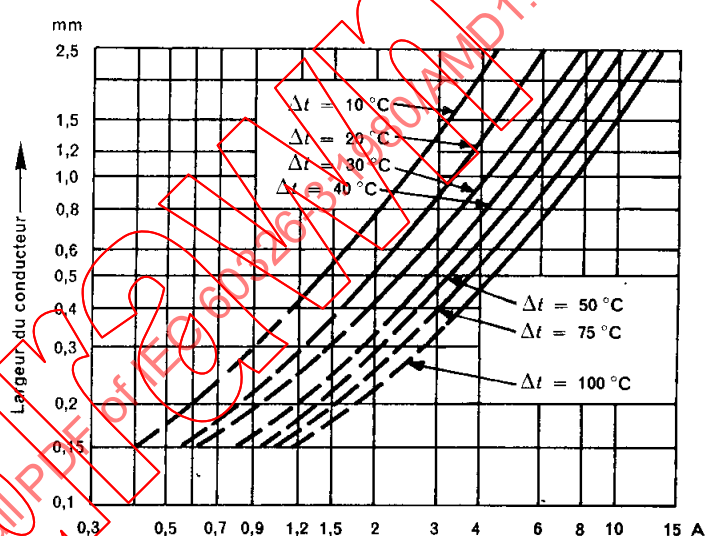
Pour des groupes de conducteurs similaires parallèles, s'ils sont faiblement espacés et parcourus par des courants pratiquement égaux, l'élévation de température peut être trouvée en faisant la somme des largeurs de conducteurs et la somme des courants.

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



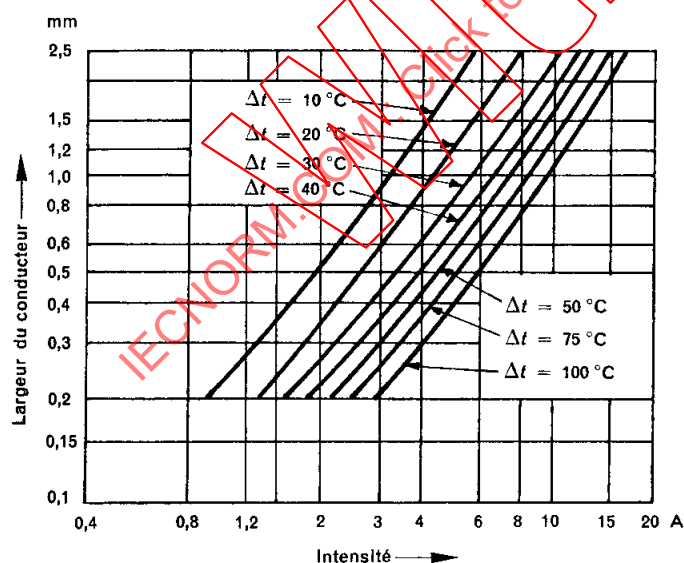
Épaisseur du conducteur 18 μm

056/80



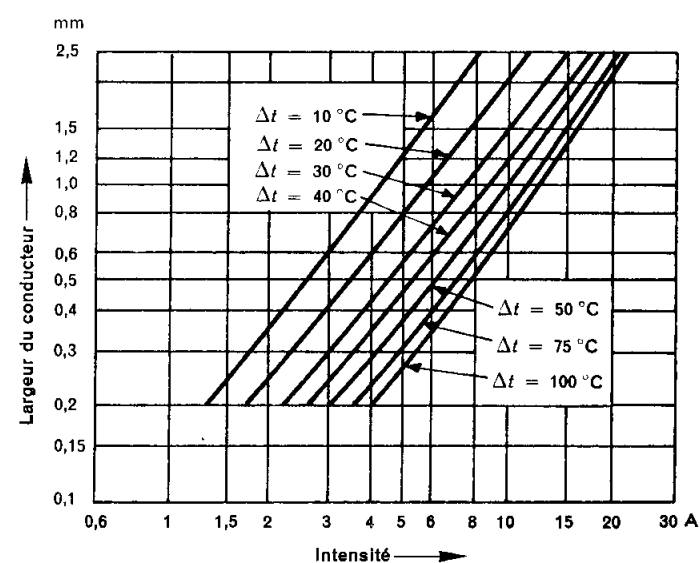
Épaisseur du conducteur 35 μm

057/80



Épaisseur du conducteur 70 μm

058/80

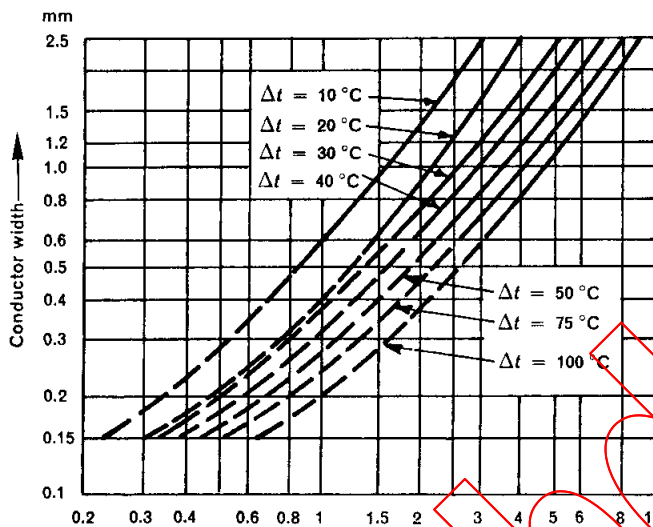


Épaisseur du conducteur 105 μm

059/80

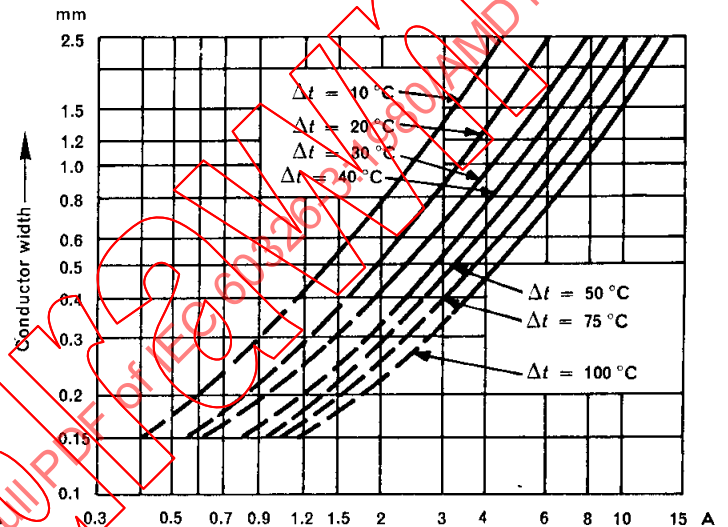
For groups of similar parallel conductors, if closely spaced and loaded with nearly equal currents the temperature rise may be found by adding the conductor widths and the currents.

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



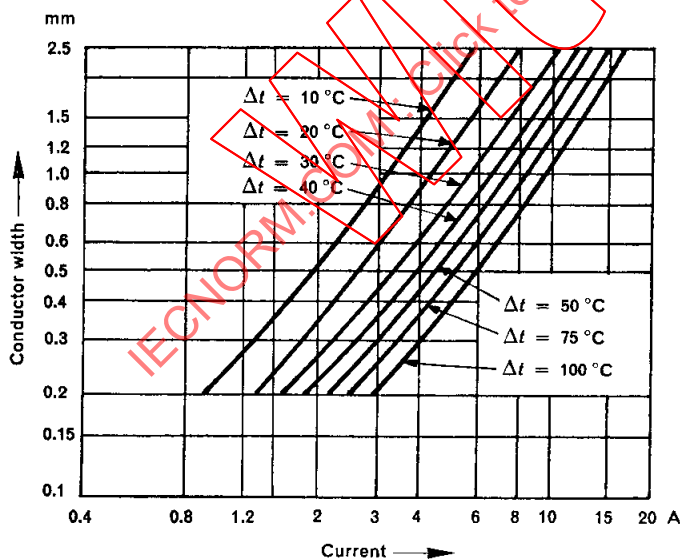
Conductor thickness 18 μm

056/80



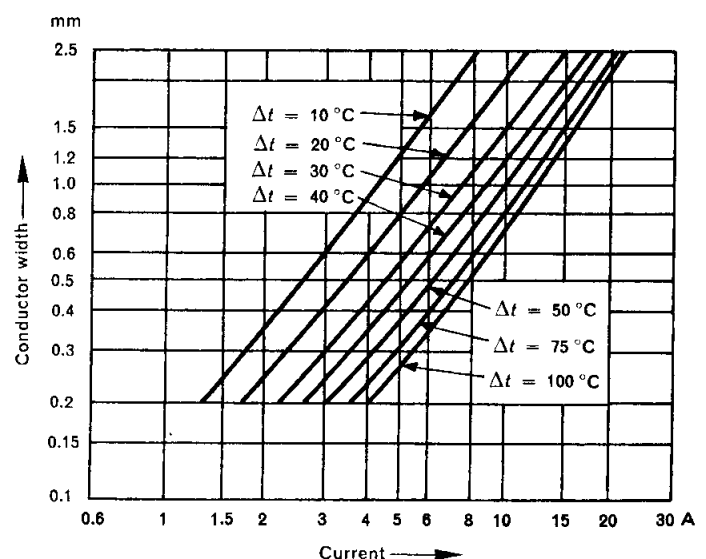
Conductor thickness 35 μm

057/80



Conductor thickness 70 μm

058/80



Conductor thickness 105 μm

059/80

7.2.2.2 Dissipation de la chaleur - Double faces et multicouches

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

Pour évaluer l'élévation de température des conducteurs des doubles faces ou multicouches, on pourra utiliser:

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

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

a) Méthode A

L'élévation de température est évaluée:

- tout d'abord en évaluant l'élévation de température de chaque couche comme cela est indiqué au paragraphe 7.2.2.1 mais en ne tenant pas compte des diminutions suggérées pour certaines épaisseurs de carte, en cas de revêtements ou d'espacements plus faibles des conducteurs;
- ensuite en additionnant les élévations de température des différentes couches: on obtient alors une élévation globale.

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

Aux hypothèses déjà faites au paragraphe 7.2.2.1 il convient d'ajouter celles-ci:

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

7.2.2.2 Heat dissipation in two or more layers

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

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

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

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

a) Method A

The temperature rise is estimated by:

- first estimating the temperature rise for each individual layer in accordance with Sub-clause 7.2.2.1 but without applying the additional deratings suggested for differing board thickness, coating and smaller conductor spacings;
- and then evaluating the total temperature rise by adding the temperature rises of the individual layers.

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

In addition to the assumptions in Sub-clause 7.2.2.1 the following assumptions are made:

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

b) Méthode B

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

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

où:

ΔT = élévation de température;

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

L = longueur de la surface en mm;

W = largeur de la surface en mm;

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

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

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

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

Aux hypothèses déjà émises au paragraphe 7.2.2.1, il convient d'ajouter toutes celles du point a) du paragraphe 7.2.2.2.

7.2.3 Surcharge de courte durée

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

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

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

b) Method B

The temperature rise is estimated by the following formula:

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

where:

ΔT = temperature rise;

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

L = length of that area in mm;

W = width of that area in mm;

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

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

If the surface of the printed board has approximately the same temperature as the surfaces adjacent to the board, radiation effects may be neglected and $\alpha = 0.006 \text{ mW/mm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ may be used.

If the temperature of the adjacent surfaces is lower than that of the printed board, the heat transfer coefficient will be higher depending on the radiation coefficient of the surface of the printed board, the temperature difference of printed board and adjacent surfaces and the absolute temperature of both the printed board and the adjacent surfaces. Values of $\alpha = 0.008$ to $0.018 \text{ mW/mm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ have been found in practice.

In addition to the assumptions in Sub-clause 7.2.2.1, all assumptions listed in Item d) of Sub-clause 7.2.2.2 apply.

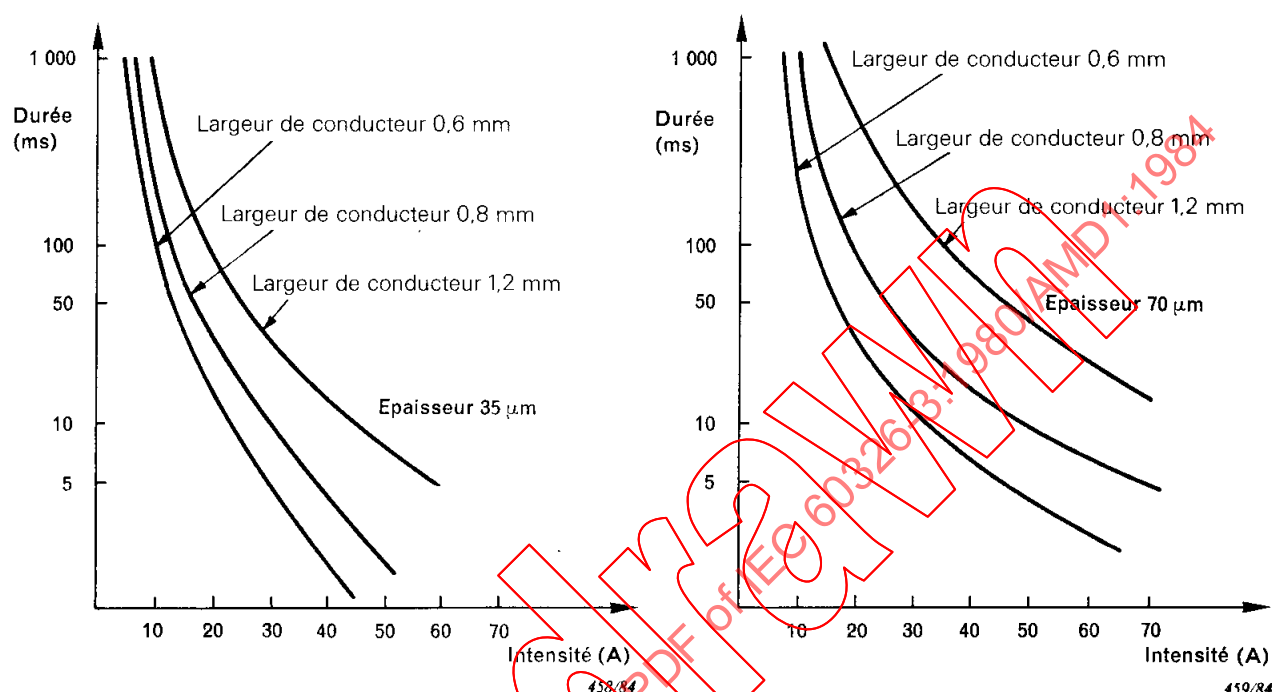
7.2.3 *Surge current*

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

Overload of a conductor 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:

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



Page 42

9.1 Brasage tendre

Remplacer le texte de ce paragraphe par le suivant:

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

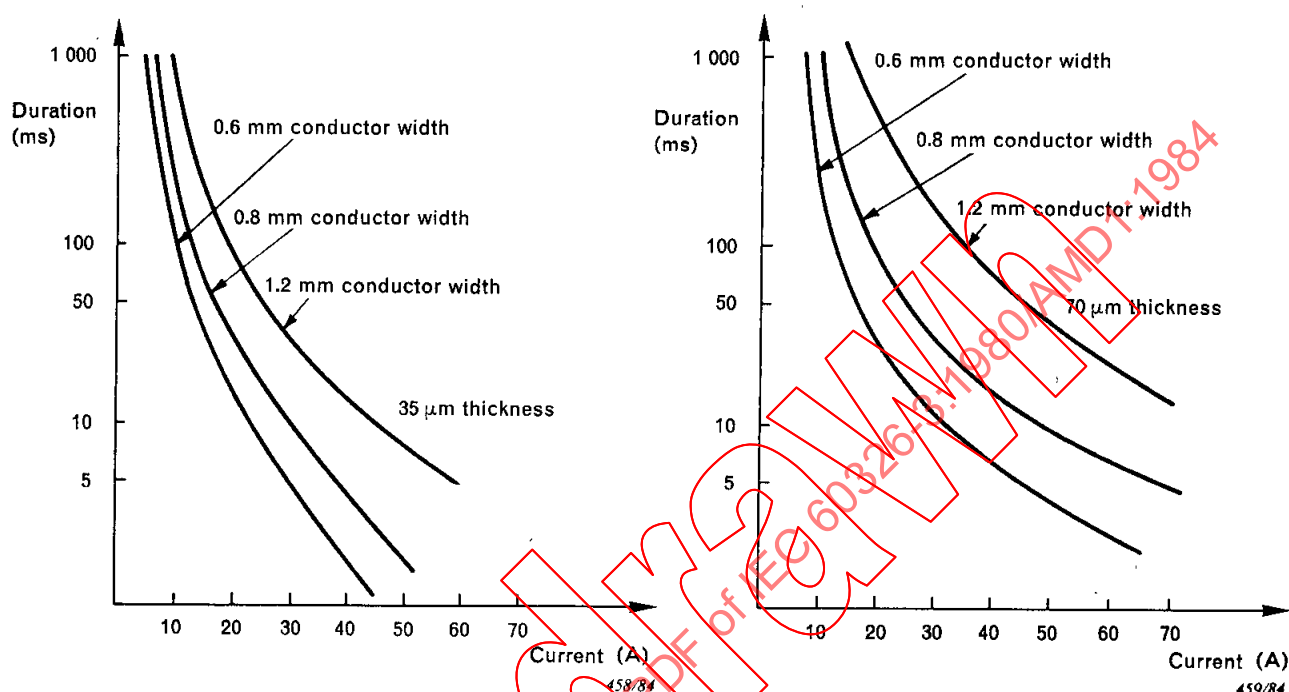
Certaines configurations de l'impression conductrice donnent, pour le brasage simultané, de meilleurs résultats que d'autres (par exemple moins de ponts de brasure); des exemples en sont donnés à la figure 3, page 51 de la Publication 326-3 de la CEI.

Lorsqu'on n'utilise pas de réserve de soudure, un espace minimal adéquat entre conducteurs adjacents et une configuration appropriée des conducteurs tenant compte du sens de passage sur la vague de brasure doivent être utilisés pour éviter les ponts de brasure.

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

Note.- Si l'on utilise une réserve de soudure sur des zones conductrices de grandes dimensions non hachurées, on peut avoir des craquelures.

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.



Page 43

9.1 Soldering

Replace the text of this sub-clause by the following:

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

Some arrangements of conductive patterns when mass soldered confer better results than others (e.g. less solder bridging). Examples are shown in Figure 3, page 51 of IEC Publication 326-3.

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

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

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

Pour éviter l'effet de radiateur et réduire les contraintes mécaniques, les zones conductrices de grandes dimensions doivent être découpées, par exemple par des hachures.

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

Si des joints de brasure sont nécessaires dans des zones conductrices de grandes dimensions, ces zones doivent aussi être découpées, par exemple par des hachures. Un frein thermique doit être introduit entre les pastilles et les zones conductrices importantes, par exemple en ne les reliant que par un ou des conducteurs étroits, nécessaires pour assurer la continuité électrique.

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

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

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

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

Notes 1.- Trous métallisés:

Si l'on utilise des sorties de composants à section ronde, l'expérience montre qu'une différence de diamètres entre trou et sorties de 0,2 mm à 0,7 mm donne de bons résultats, qu'une valeur inférieure à 0,2 mm conduit à des difficultés d'insertion, et une valeur supérieure à 1 mm, à des difficultés de soudage.

Si l'on utilise des sorties de composants à section rectangulaire, l'expérience montre qu'une différence entre le diamètre du trou et la diagonale de la sortie du composant supérieure à 0,2 mm, avec en même temps une différence entre le diamètre du trou et l'épaisseur de la sortie inférieure ou égale à 0,7 mm, donne de bons résultats.

2.- Trous métallisés et non métallisés:

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

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

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

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

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

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

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

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

Notes 1.- Plated-through holes

Where round terminations are used, differences between hole and terminations diameters of 0.2 mm to 0.7 mm have worked well in practice, whereas differences in diameter less than 0.2 mm or greater than 1 mm lead to difficulties in insertion or soldering.

Where rectangular terminations are used, a difference between hole diameter and termination diagonal greater than 0.2 mm and coincidentally, a difference between hole diameter and termination thickness not exceeding 0.7 mm has worked well in practice.

2.- Plain and plated-through holes

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

La brasabilité d'une carte imprimée dépend aussi du revêtement de finition et de la détérioration causée par un stockage mal approprié. On applique généralement un revêtement protecteur temporaire sur les surfaces de cuivre nu. La surface totale de l'impression conductrice est souvent revêtue d'étain-plomb (brasure) ou d'étain pour préserver la brasabilité, et la brasabilité à long terme de l'étain-plomb peut être améliorée par fusion (voir également Publication 326-3A: Premier complément à la Publication 326-3 (1980), paragraphe 4.2.1.1, point c)).

Pour l'emballage des cartes imprimées on doit prendre soin d'éviter toute contamination qui risquerait de diminuer la brasabilité.

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

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

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

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

Page 44

9.3 *Inflammabilité*

Remplacer "A l'étude" par le texte suivant:

9.3.1 *Généralités*

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

Pour d'autres directives générales, voir la Publication 695-1-1 de la CEI: Essais relatifs aux risques du feu, Première partie: Guide pour la préparation des spécifications d'essai et des exigences pour l'estimation des risques du feu des produits électrotechniques - Guide général.

The solderability of a printed board depends also upon the type of surface finish and deterioration due to adverse storage conditions. For bare copper surfaces, usually a temporary protective coating is applied. Often the entire surface of the conductive pattern is covered with tin-lead (solder) or tin to preserve solderability, and the long-term solderability of tin-lead may be improved by fusing it (see also Publication 326-3A: First supplement to Publication 326-3 (1980), Sub-clause 4.2.1.1, Item c)).

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

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

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

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

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

Page 45

9.3 *Flammability*

Replace "Under consideration" by the following text:

9.3.1 *General*

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

For further general guidance information see IEC Publication 695-1-1: Fire Hazard Testing, Part 1: Guidance for the Preparation of Requirements and Test Specifications for Assessing Fire Hazard of Electro-technical Products - General Guidance.

9.3.2 *Concept de risque*

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

- de provoquer un feu par une inflammation d'origine électrique sur ou dans la carte imprimée (par exemple par des conducteurs surchauffés, ou par un contournement et, de ce fait, par une projection d'étincelles ou le cheminement entre conducteurs) et/ou
- de développer le feu de composants montés sur la carte imprimée, ou de composants, cartes imprimées ou matières isolantes, placés tout près de la carte imprimée ou de la carte imprimée équipée ou
- de contribuer à la propagation ou à l'extension du feu.

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

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

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

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

9.3.3 *Considérations pour la conception des cartes imprimées relativement aux risques du feu*

Les considérations suivantes se rapportent seulement aux cartes imprimées (définies dans la Publication 194 de la CEI: Termes et définitions concernant les circuits imprimés, terme 01-03) et à leur comportement en cas de feu. Les composants montés sur les cartes imprimées ne sont pris en considération que comme des sources d'inflammation possibles. On ne tient pas compte de l'interaction de ces composants en cas de feu, par exemple de leur inflammation réciproque et de leur comportement vis-à-vis de la propagation et de l'intensité du feu. En ce qui concerne le choix des composants par rapport aux risques du feu, voir la Publication 695-1-1 de la CEI.

Le choix des moyens destinés à éliminer ou à réduire au minimum les risques du feu incombe à l'ingénieur chargé de la mise au point et de la réalisation de la carte imprimée. Il doit examiner tous les aspects et toutes les influences agissant sur les cartes imprimées ou émanant de celles-ci. L'information suivante est fondée sur l'expérience de l'industrie et n'est donnée qu'à titre indicatif.

9.3.2 Hazard concept

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

- to cause a fire by electrically induced ignition on or in the printed board (e.g. by overheated conductors or by flash-over and subsequent arcing or tracking between conductors) and/or,
- to intensify a fire of components mounted on the printed board or of components, printed boards or insulating material located in close proximity to the printed board or the printed board assembly or
- to contribute to propagation or spreading of the fire.

Unusual external events, such as the outbreak of a large fire in the surroundings or deliberate misuse of the printed board or the printed board assembly contrary to the operating instructions and the conditions for use, should generally be disregarded as a basis for fire hazard requirements.

Consideration should also be given to secondary effects, such as:

- sprinkling of flaming or glowing material resulting in the ignition of other parts;
- emission of flammable gases from the printed board which could ignite spontaneously or due to adjacent sparks when the flammable concentration in air exists, resulting in the ignition of other parts;
- emission of toxic or corrosive smoke or gases when the printed board is burning or exposed to a source of sufficient temperature and heat energy. Such emissions may be a more serious hazard than fire.

Note. - Relevant test methods are under consideration within IEC and ISO.

9.3.3 Aspects for the design of printed boards with respect to fire risk

The following aspects are only related to printed boards (as defined in IEC Publication 194: Terms and Definitions for Printed Circuits, term 01-03) and their contribution in a fire situation. Components mounted on the printed boards are only taken into consideration as possible ignition sources. The interaction of such components in a fire situation, for example their mutual ignition and their contribution to propagation and intensity of the fire, is not taken into account. For guidance on the selection of components with respect to fire risk see IEC Publication 695-1-1.

The choice of the means to eliminate or to minimize the fire risk is with the engineer concerned with the development and the design of the printed board. He has to consider all aspects and influences on and from the printed board. The following information is based on experience in industry and is given for guidance only.

9.3.3.1 *Sécurité intrinsèque*

La carte imprimée ne peut pas être enflammée si les deux conditions suivantes prévalent:

- la puissance électrique disponible n'est pas suffisante pour provoquer une projection d'étincelles entre des conducteurs ou des composants montés sur la carte imprimée, ou l'échauffement excessif de ces conducteurs ou de ces composants. Il peut s'agir d'une situation normale, où la puissance est toujours assez faible, mais celle-ci peut être également obtenue en limitant automatiquement le courant dans les conditions de défaut (par exemple par une haute impédance de la source de courant) dans un intervalle de temps suffisamment court pour empêcher un échauffement excessif, et
- l'inflammation de la carte imprimée, ou de la carte imprimée équipée, par des sources d'inflammation extérieures n'est pas possible, soit du fait des mesures relatives à leur conception, blindage par exemple, soit parce qu'une source d'inflammation extérieure n'existe pas.

9.3.3.2 *Sécurité maîtrisée*

L'impact du feu peut être maîtrisé dans certaines conditions, telles que les suivantes:

- la carte imprimée ou la carte imprimée équipée est enrobée de façon telle que:
 - a) l'enrobage ne puisse pas s'enflammer;
 - b) une flamme issue d'une source d'inflammation extérieure ne puisse pas pénétrer dans l'enrobage et entrer en contact avec la carte imprimée;
 - c) des flammes issues d'une carte imprimée en combustion à l'intérieur de l'enrobage ne puissent pas s'échapper ni, par conséquent, provoquer le feu en dehors de l'enrobage;
 - d) la chaleur dissipée à l'intérieur de l'enrobage par la carte imprimée équipée en combustion ne soit pas suffisante pour échauffer l'enrobage au point que celui-ci puisse agir comme source d'inflammation;
- la carte imprimée ou la carte imprimée équipée fait partie d'un système où chaque feu est maîtrisé par des dispositifs d'extinction à fonctionnement automatique;
- la propagation du feu est suffisamment et efficacement maîtrisée et maintenue à un niveau inoffensif, par exemple par des cloisons établies, si possible, sur des parcours déterminés à l'avance;
- la quantité de matériau de la carte imprimée ou de la carte imprimée équipée est si faible que la chaleur dissipée pendant la combustion et le temps de combustion sont maintenus à un niveau inoffensif.

9.3.3.3 *Sécurité obtenue par le choix du support isolant*

Il est possible de maintenir la combustion d'une carte imprimée dans des limites inoffensives en choisissant des supports isolants convenables, d'une inflammabilité déterminée. Voir la Publication 249-2 de la CEI: Matériaux de base pour circuits imprimés, Deuxième partie: Spécification, qui donne des détails sur les supports isolants.

9.3.3.1 *Inherent safety*

The printed board cannot be ignited if the following two conditions prevail:

- the electrical energy available is not sufficient to cause arcing between, or overheating of, conductors or components mounted on the printed board. This may be a natural situation where the energy is always low enough, but it may also be achieved by automatically limiting the current under fault conditions (e.g. by high impedance of the current source) with a time delay short enough to prevent undue heating, and
- ignition of the printed board or printed board assembly by external ignition sources is not possible, either due to design measures, for example shielding, or because an external ignition source does not exist.

9.3.3.2 *Managed safety*

The fire impact can be managed under certain conditions, such as:

- the printed board or printed board assembly is encapsulated in such a manner that:
 - a) the encapsulation cannot be ignited;
 - b) a flame from an external ignition source cannot penetrate the encapsulation and touch the printed board;
 - c) flames from a burning printed board inside the encapsulation cannot escape and cannot, therefore, cause a fire outside the encapsulation;
 - d) the heat dissipated inside the encapsulation by the burning printed board assembly is not sufficient to heat the encapsulation to such an extent that it may act as ignition source;
- the printed board or printed board assembly is part of a system where any fire is controlled by automatically operated fire extinguishing features;
- the propagation of the fire is sufficiently and efficiently controlled and kept to a harmless level, for example by barriers possibly in conjunction with predetermined paths;
- the amount of material of the printed board or printed board assembly is so small that the heat dissipated when burning and the burning time are at a harmless level.

9.3.3.3 *Safety by choice of base material*

It is possible to ensure that the burning of a printed board will be kept within harmless limits by selecting an appropriate base material of defined flammability. See IEC Publication 249-2: Base Materials for Printed Circuits, Part 2: Specifications, for information on base materials.

9.3.3.4 Sécurité obtenue par des mesures de conception

La sécurité peut être également obtenue par des mesures de conception efficaces, indépendamment des propriétés d'inflammabilité du support isolant utilisé pour les cartes imprimées. Ces mesures de conception consistent, par exemple:

- à aménager des distances entre conducteurs voisins et entre conducteurs et parties conductrices à l'extérieur de la carte imprimée (par exemple entretoises) suffisamment grandes pour éviter un court-circuit ou des courts-circuits;
- à utiliser des largeurs de conducteur plus grandes que le strict minimum pour satisfaire aux prescriptions de l'intensité maximale admissible;
- à protéger le circuit électrique sur la carte imprimée par des fusibles qui coupent le circuit, en cas de défaut, avant que la chaleur dissipée ne puisse enflammer la carte imprimée. Le terme "fusible" est utilisé dans son sens général et est destiné à englober également les circuits électroniques ayant les mêmes fonctions;
- à choisir des composants qui tombent en panne quand les conditions de surcharge les mettent en circuit ouvert;
- à assurer une distance entre carte imprimée et composants critiques, par exemple résistances surchargées et conditions de défaut, suffisamment grande pour éviter l'inflammation de la carte imprimée (par exemple en utilisant des postes de soudure éloignés);
- à protéger la carte imprimée contre une chaleur dissipée excessive ou contre des flammes issues de composants surchauffés ou en combustion, par des écrans thermiques convenables;
- à protéger la carte imprimée contre les flammes, par son montage ou par d'autres dispositifs agissant comme des écrans thermiques, par exemple les entretoises ou les bagues de retenue dans une baie ou un panier protègent les bords de la carte imprimée contre le contact avec les flammes et contre l'inflammation;
- à protéger la carte imprimée par un radiateur:
 - a) (les) l'impression(s) conductrice(s), c'est-à-dire le métal déposé sur ou dans une carte imprimée agit (agissant) comme des radiateurs. Une carte imprimée à simple ou à double face avec une (des) impression(s) conductrice(s) représentant au moins 50% de recouvrement métallique par face, ou une carte imprimée multicouche avec au moins quatre couches conductrices, ne peut pas être normalement enflammée, indépendamment du support isolant utilisé. Si la répartition du métal est normale sur ou dans la carte imprimée, le radiateur peut être considéré comme uniforme sur toute la surface de la carte imprimée.
 - b) Lorsqu'une partie distincte ou un composant adéquat (par exemple un transformateur) est utilisé, il agit généralement aussi bien comme radiateur que comme écran thermique et est généralement efficace dans une zone limitée.