

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60079-18

Deuxième édition
Second edition
2004-03

**Matériel électrique pour atmosphères
explosives gazeuses –**

**Partie 18:
Construction, essais et marquage
des matériels électriques du type de
protection par encapsulage «m»**

**Electrical apparatus for explosive
gas atmospheres –**

**Part 18:
Construction, test and marking of
type of protection encapsulation "m"
electrical apparatus**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60079-18:2004

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Service clients

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

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

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Customer Service Centre

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

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60079-18

Deuxième édition
Second edition
2004-03

**Matériel électrique pour atmosphères
explosives gazeuses –**

**Partie 18:
Construction, essais et marquage
des matériels électriques du type de
protection par encapsulage «m»**

**Electrical apparatus for explosive
gas atmospheres –**

**Part 18:
Construction, test and marking of
type of protection encapsulation "m"
electrical apparatus**

© IEC 2004 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Définitions	12
4 Généralités	14
4.1 Groupes de matériels et classification de température	14
4.2 Niveau de protection	14
4.3 Niveau de protection «ma»	16
4.4 Niveau de protection «mb»	16
4.5 Spécifications des alimentations	16
5 Prescriptions pour les composés	16
5.1 Généralités	16
5.2 Spécification	16
6 Températures	18
6.1 Généralités	18
6.2 Limites en température	18
6.3 Détermination des valeurs de température limites	20
7 Prescriptions de construction	20
7.1 Généralités	20
7.2 Détermination des pannes	20
7.3 Espace libre dans l'encapsulation	24
7.4 Epaisseur du composé	26
7.5 Contacts de commutation	36
7.6 Connexions externes	36
7.7 Protection des pièces actives nues	38
7.8 Eléments et batteries	38
7.9 Dispositifs de protection	44
8 Essais de type	46
8.1 Essais du composé – essai d'absorption d'eau	46
8.2 Essais du matériel	46
9 Vérifications et essais individuels	54
9.1 Inspections visuelles	54
9.2 Essais de rigidité diélectrique	54
10 Marquage	56
Annexe A (informative) Prescriptions de base pour les composés pour matériel «m»	58
Annexe B (normative) Allocation des échantillons d'essai	60
Annexe C (normative) Procédure d'essai pendant l'essai de cycles thermiques	62
Figure 1 – Distances entre la surface libre de composé et les composants ou conducteurs	28
Figure 2 – Distances entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants ou conducteurs	30

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	11
2 Normative references	11
3 Definitions	13
4 General	15
4.1 Apparatus group and temperature classification	15
4.2 Level of protection.....	15
4.3 Level of protection “ma”	17
4.4 Level of protection “mb”	17
4.5 Supply specifications	17
5 Requirements for compounds	17
5.1 General	17
5.2 Specification	17
6 Temperatures	19
6.1 General	19
6.2 Temperature limitation.....	19
6.3 Determination of the limiting temperature	21
7 Constructional requirements	21
7.1 General	21
7.2 Determination of faults	21
7.3 Free space in the encapsulation	25
7.4 Thickness of the compound	27
7.5 Switching contacts	37
7.6 External connections	37
7.7 Protection of bare live parts.....	39
7.8 Cells and batteries	39
7.9 Protective devices	45
8 Type tests	47
8.1 Tests on the compound – water absorption test.....	47
8.2 Tests on the apparatus.....	47
9 Routine verifications and tests	55
9.1 Visual inspections	55
9.2 Dielectric strength test.....	55
10 Marking	57
Annex A (informative) Basic requirements for compounds for “m” apparatus	59
Annex B (normative) Allocation of test samples	61
Annex C (normative) Test procedure during thermal cycling test.....	63
Figure 1 – Distances between free surface of compound and components or conductors	29
Figure 2 – Distances between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors	31

Figure 3 – Distances entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants ou conducteurs	32
Figure 4 – Distances minimales pour cartes imprimées multicouches.....	36
Figure A.1 – Prescriptions de base pour les composés pour matériel «m»	58
Figure C.1 – Procédure d'essai pendant l'essai de cycles thermiques.....	62
Tableau 1 – Distances dans le composé	24
Tableau 2 – Epaisseur minimale du composé à l'espace libre	26
Tableau 3 – Epaisseur du composé entre la surface libre du composé et les composants ou conducteurs	28
Tableau 4 – Epaisseur du composé entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants ou conducteurs	30
Tableau 5 – Epaisseur du composé entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants ou conducteurs	32
Tableau 6 – Distances minimales pour cartes imprimées à couches multiples.....	34
Tableau 7 – Eléments primaires admissibles.....	40
Tableau 8 – Eléments secondaires admissibles	40
Tableau 9 – Pression d'essai	54
Table B.1 – Allocation des échantillons d'essai	60

Figure 3 – Distances between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors	33
Figure 4 – Minimum distances for multi-layer printed wiring boards.....	37
Figure A.1 – Basic requirements for compounds for “m” apparatus	59
Figure C.1 – Test procedure during thermal cycling test.....	63
Table 1 – Distances through the compound	25
Table 2 – Minimum thickness of compound from free space.....	27
Table 3 – Thickness of compound between the free surface of the compound and components or conductors	29
Table 4 – Thickness of the compound between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors	31
Table 5 – Thickness of the compound between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors	33
Table 6 – Minimum distances for multi-layer printed wiring boards	35
Table 7 – Permissible primary cells.....	41
Table 8 – Permissible secondary cells	41
Table 9 – Test pressure	55
Table B.1 – Allocation of test samples	61

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MATÉRIEL ÉLECTRIQUE POUR ATMOSPHÈRES
EXPLOSIVES GAZEUSES –****Partie 18: Construction, essais et marquage des matériels électriques
du type de protection par encapsulage «m»**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60079-18 a été préparée par le comité d'études 31 de la CEI: Matériel électrique pour atmosphères explosives.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, publiée en 1992, et constitue une révision technique.

Les modifications techniques majeures par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- introduction de nouvelles techniques telles que les multicouches;
- introduction de deux niveaux de protection.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRICAL APPARATUS FOR EXPLOSIVE GAS ATMOSPHERES –**Part 18: Construction, test and marking of type of protection
encapsulation “m” electrical apparatus**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60079-18 has been prepared by IEC technical committee 31: Electrical apparatus for explosive atmospheres.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 1992, and constitutes a technical revision.

The significant technical changes with respect to the previous edition are as follows:

- introduction of new techniques such as multilayer;
- incorporation of two levels of protection.

Le texte de cette norme est basé sur les documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
31/482/FDIS	31/493/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2008. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-18:2004

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

FDIS	Report on voting
31/482/FDIS	31/493/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2008. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

Withdrawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-18:2004

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE POUR ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES GAZEUSES –

Partie 18: Construction, essais et marquage des matériels électriques du type de protection par encapsulage «m»

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60079 définit les prescriptions spécifiques à la construction, aux essais et au marquage des matériels électriques, des parties de matériels électriques et des composants Ex protégés par encapsulage de type «m».

La présente partie de la CEI 60079 ne s'applique qu'aux matériels électriques protégés par encapsulage, aux parties de matériel électrique protégées par encapsulage et aux composants Ex protégés par encapsulage (ci-après toujours dénommé matériel «m») pour lesquels la tension assignée n'excède pas 10 kV avec une tolérance relative de +10 %.

Cette norme complète les règles générales établies dans la 60079-0.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60079-0:—, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 0: Règles générales*

CEI 60079-7:2001, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 7: Sécurité augmentée «e»*

CEI 60079-11:1999, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 11: Sécurité intrinsèque «i»*

CEI 60079-26:—, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 26: Construction, essai et marquage des matériels électriques de Groupe II utilisables en Zone 0*

CEI 60086-1, *Batteries primaires – Partie 1: Généralités* (disponible en anglais seulement)

CEI 60127 (toutes les parties), *Coupe-circuit miniatures*

CEI 60243-1, *Rigidité électrique des matériaux isolants – Méthodes d'essai – Partie 1: Essais aux fréquences industrielles*

CEI 60622, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Éléments individuels parallélépipédiques rechargeables étanches au nickel-cadmium*

ELECTRICAL APPARATUS FOR EXPLOSIVE GAS ATMOSPHERES –

Part 18: Construction, test and marking of type of protection encapsulation “m” electrical apparatus

1 Scope

This part of IEC 60079 gives the specific requirements for the construction, testing and marking of electrical apparatus, parts of electrical apparatus and Ex components with the type of protection encapsulation “m”.

This part of IEC 60079 only applies for encapsulated electrical apparatus, encapsulated parts of electrical apparatus and encapsulated Ex components (hereinafter always referred to as “m” apparatus) where the rated voltage does not exceed 10 kV with a relative tolerance of +10 %.

This standard supplements the general requirements in IEC 60079-0.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60079-0:—, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 0: General requirements*

IEC 60079-7:2001, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 7: Increased safety “e”*

IEC 60079-11:1999, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 11: Intrinsic safety “i”*

IEC 60079-26:—, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 26: Construction, test and marking of Group II Zone 0 electrical apparatus*

IEC 60086-1, *Primary batteries – Part 1: General*

IEC 60127 (all parts), *Miniature fuses*

IEC 60243-1, *Electrical strength of insulating material – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*

IEC 60622, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Sealed nickel-cadmium prismatic rechargeable single cells*

CEI 60664-1:1992, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*
Amendement 1 (2000)
Amendement 2 (2002)

CEI 60691, *Protecteurs thermiques – Prescriptions et guide d'application*

CEI 61150, *Accumulateurs alcalins – Batteries monobloc d'éléments boutons rechargeables étanches au nickel-cadmium*

CEI 61558-2-6, *Sécurité des transformateurs, blocs d'alimentation et analogues – Partie 2: Règles particulières pour les transformateurs de sécurité pour usage général*

CEI 61951-1, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Accumulateurs individuels portables étanches – Partie 1: Nickel-cadmium*

CEI 61951-2, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Accumulateurs individuels portables étanches – Partie 2: Nickel-métal hydrure*

CEI 61960-1, *Éléments et batteries d'accumulateurs au lithium pour applications portables – Partie 1: Éléments d'accumulateurs au lithium*

CEI 62326-4-1, *Cartes imprimées – Partie 4: Cartes imprimées multicouches rigides avec connexions intercouches – Spécification intermédiaire – Section 1: Spécification particulière d'agrément – Niveaux des performances A, B, et C*

ISO 62, *Plastiques – Détermination de l'absorption d'eau*

ANSI/UL 248-1, *Norme pour les fusibles basse tension – Exigences générales (en anglais seulement)*

3 Définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions données dans la CEI 60079-0 et les définitions suivantes spécifiques à l'encapsulage «m» s'appliquent.

3.1 **encapsulage «m»**

type de protection où les pièces susceptibles de provoquer l'inflammation d'une atmosphère explosive par étincelle ou échauffement sont enfermées dans un composé, de manière à éviter l'inflammation dans des conditions opératoires ou d'installation

3.2 **composé**

tout matériau à l'état solide, thermodurcissable, thermoplastique, de résine époxy ou élastomère avec ou sans charge et/ou additifs

3.3 **plage de températures du composé**

plage de températures dans laquelle les propriétés du composé, lors du fonctionnement ou du stockage, sont conformes aux prescriptions de la présente norme

IEC 60664-1:1992, *Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

Amendment 1 (2000)

Amendment 2 (2002)

IEC 60691, *Thermal links – Requirements and application guide*

IEC 61150, *Alkaline secondary cells and batteries – Sealed nickel cadmium rechargeable monobloc batteries in button cell design*

IEC 61558-2-6, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2: Particular requirements for safety isolating transformers for general use*

IEC 61951-1, *Secondary cells and batteries containing alkaline and other non-acid electrolytes – Portable sealed rechargeable single cells – Part 1: Nickel-cadmium*

IEC 61951-2, *Secondary cells and batteries containing alkaline and other non-acid electrolytes – Portable sealed rechargeable single cells – Part 2: Nickel-metal hydride*

IEC 61960-1, *Secondary lithium cells and batteries for portable applications – Part 1: Secondary lithium cells*

IEC 62326-4-1, *Printed boards – Part 4: Rigid multilayer printed boards with interlayer connections – Sectional specification – Section 1: Capability detail specification – Performance levels A, B and C*

ISO 62, *Plastics – Determination of water absorption*

ANSI/UL 248-1, *Standard for low-voltage fuses – Part 1: General requirements*

3 Definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60079-0 and the following definitions specific to encapsulation “m” apply.

3.1

encapsulation “m”

type of protection whereby parts that are capable of igniting an explosive atmosphere by either sparking or heating are enclosed in a compound in such a way that the explosive atmosphere cannot be ignited under operating or installation conditions

3.2

compounds

any thermosetting, thermoplastic, epoxy resin or elastomeric materials with or without fillers and/or additives, in their solid state

3.3

temperature range of the compound

range of temperatures within which the properties of the compound, in either operation or storage, permit compliance with the requirements of this standard

3.4

température de fonctionnement continue (COT) du composé

température à laquelle, conformément aux informations données par le constructeur, les propriétés du composé satisfont, pendant le fonctionnement, aux prescriptions de cette norme de façon permanente sur l'étendue de la durée de vie prévue pour le matériel

3.5

encapsulage

processus d'application du composé pour enfermer tout dispositif électrique par des moyens appropriés

3.6

surface libre

surface du composé exposée aux atmosphères explosives

3.7

fonctionnement normal

fonctionnement du matériel conformément à sa spécification de conception du point de vue électrique et mécanique et utilisé dans les limites spécifiées par le constructeur

NOTE 1 Les limites spécifiées par le constructeur peuvent comprendre des conditions opérationnelles permanentes, par exemple le fonctionnement d'un moteur à un régime nominal.

NOTE 2 Toute variation des spécifications d'alimentation dans les limites spécifiées et toute autre tolérance opérationnelle font partie du fonctionnement normal.

3.8

vide

interstice non intentionnel créé lors du processus d'encapsulage

3.9

espace libre

espace créé intentionnellement autour de composants, ou espace à l'intérieur d'un composant

3.10

contact de commutation

contact mécanique qui est destiné à établir ou couper un circuit électrique

4 Généralités

4.1 Groupes de matériels et classification de température

Si requis, les matériels «m» doivent être groupés et classés en accord avec les Articles 4 et 5 de la CEI 60079-0.

4.2 Niveau de protection

Les matériels électriques avec encapsulage «m» doivent être soit de niveau de protection «ma», soit de niveau de protection «mb».

Les prescriptions de la présente norme s'appliquent aux deux niveaux de protection sauf mention contraire.

Si un dispositif de protection non réenclenchable, selon la CEI 60127 ou la CEI 60691, est utilisé, alors un seul dispositif est nécessaire pour les deux niveaux de protection.

3.4**continuous operating temperature (COT) of the compound**

temperature within which, according to the details given by the manufacturer, the properties of the compound, during operation, satisfy the requirements of this standard on a permanent basis during the foreseen lifetime of the apparatus

3.5**encapsulation**

process of applying the compound to enclose any electrical device(s) by suitable means

3.6**free surface**

compound surface exposed to the explosive atmospheres

3.7**normal operation**

operation of apparatus conforming electrically and mechanically with its design specification and used within the limits specified by the manufacturer

NOTE 1 The limits specified by the manufacturer may include persistent operational conditions, for example operation of a motor on a duty cycle.

NOTE 2 Variation of the supply specifications within stated limits and any other operational tolerance is part of normal operation.

3.8**void**

unintentional space created as a consequence of the encapsulation process

3.9**free space**

intentionally created space surrounding components or space inside components

3.10**switching contact**

mechanical contact which is intended for making and breaking of an electrical circuit

4 General**4.1 Apparatus group and temperature classification**

If required, "m" apparatus shall be grouped and classified in accordance with Clauses 4 and 5 of IEC 60079-0.

4.2 Level of protection

Electrical apparatus with encapsulation "m" shall be either in level of protection "ma" or in level of protection "mb".

The requirements of this standard shall apply to both levels of protection unless otherwise stated.

If a non-resetting protective device according to IEC 60127 or IEC 60691 is used, then only one device is necessary for both levels of protection.

4.3 Niveau de protection «ma»

Les matériels «m» de niveau de protection «ma» ne doivent pas pouvoir provoquer d'inflammation dans chacune des circonstances suivantes:

- a) dans des conditions normales d'installation et d'opération;
- b) toute condition anormale spécifiée;
- c) dans des conditions de panne définies.

Pour le niveau de protection «ma», la tension de fonctionnement en tout point du circuit ne doit pas excéder 1 kV.

Pour le niveau de protection «ma», des composants sans protection additionnelle peuvent être utilisés à condition qu'ils ne puissent pas endommager mécaniquement ou thermiquement l'encapsulage en cas de panne.

Alternativement, lorsqu'une panne de composant interne risque d'entraîner une panne du système d'encapsulage par suite d'une élévation de température, les prescriptions de 6.2 s'appliquent.

NOTE Certains composants dont l'application est autorisée conformément à cette norme pour le niveau de protection «mb» peuvent rendre inefficace la mesure de protection «par encapsulage» du fait des détériorations mécaniques ou thermiques résultant de réactions internes. Il convient d'exclure ce risque pour le matériel de niveau de protection «ma».

4.4 Niveau de protection «mb»

Les matériels «m» de niveau de protection «mb» ne doivent pas pouvoir provoquer d'inflammation dans chacune des circonstances suivantes:

- a) dans des conditions normales d'installation et d'opération;
- b) dans des conditions de panne définies.

4.5 Spécifications des alimentations

Les valeurs limites de l'alimentation (tension assignée et courant de court-circuit disponible) doivent être indiquées afin de garantir que dans le cas du niveau de protection approprié «ma» ou «mb», la température limite ne peut être dépassée. Tout autre dispositif de protection doit être conforme aux prescriptions de 7.9.

5 Prescriptions pour les composés

5.1 Généralités

La documentation doit spécifier le ou les composés utilisés et la ou les méthodes de mesure.

Au minimum, les propriétés du ou des composés dont dépend l'encapsulage «m» doivent être fournies.

Lors de la sélection des matériaux d'encapsulage, il doit être tenu compte de l'expansion des composants pendant leur fonctionnement et dans les cas de panne autorisés.

5.2 Spécification

Le fabricant doit attester sous sa propre responsabilité que le matériau est en conformité avec la spécification du composé.

4.3 Level of protection “ma”

“m” apparatus of level of protection “ma” shall not be capable of causing ignition in each of the following circumstances:

- a) in normal operation and installation conditions;
- b) any specified abnormal conditions;
- c) in defined failure conditions.

For level of protection “ma”, the working voltage at any point in the circuit shall not exceed 1 kV.

For level of protection “ma”, components without additional protection shall only be used if they cannot damage the encapsulation mechanically or thermally in the case of any fault.

Alternatively, where a fault of an internal component may lead to failure of the encapsulation system due to increasing temperature, the requirements of 6.2 shall apply.

NOTE Certain components whose application is allowed according to this standard for level of protection “mb” can possibly make the protective measure ‘encapsulation’ ineffective by mechanical or thermal damage as a consequence of internal reactions. This risk should be excluded for level of protection “ma” apparatus.

4.4 Level of protection “mb”

“m” apparatus of level of protection “mb” shall not be capable of causing ignition in each of the following circumstances:

- a) in normal operation and installation conditions;
- b) in defined failure conditions.

4.5 Supply specifications

The limiting values of the supply (rated voltage and the prospective short circuit current) shall be stated to ensure that, under the relevant level of protection “ma” or “mb”, the limiting temperature is not exceeded. Any protective device used shall comply with the requirements of 7.9.

5 Requirements for compounds

5.1 General

The documentation shall specify the compound(s) used and the processing method(s).

As a minimum, those properties of the compound(s) on which the encapsulation “m” depends shall be provided.

Due consideration shall be given in the selection of encapsulating materials to allow for the expansion of components during operation and in the event of allowable faults.

5.2 Specification

The manufacturer shall attest on his own responsibility that the material complies with the compound specification.

La spécification doit inclure ce qui suit:

- a) le nom et l'adresse du fabricant du composé,
- b) la référence exacte et complète du matériau et le cas échéant le pourcentage des charges et autres additifs, les rapports de mélange et la désignation du type,
- c) si applicable, tout traitement de surface du ou des composés, par exemple vernissage,
- d) si applicable, toute prescription de prétraitement du composant dans le but d'obtenir une meilleure adhésion du composé sur le composant; par exemple nettoyage, gravure,
- e) si approprié, le résultat de l'essai d'absorption d'eau en accord avec 8.1. Si cet essai n'a pas été effectué, cette condition particulière d'utilisation doit être indiquée par le marquage «X» sur le matériel en accord avec le point i) de 29.2 de la CEI 60079-0,
- f) la rigidité diélectrique en accord avec la CEI 60243-1, à la température maximale du matériel déterminée en accord avec 8.2.2,
- g) la gamme de températures du ou des composés (température la plus basse et température la plus élevée de fonctionnement continu),
- h) dans le cas d'un matériel «m» pour lequel le composé constitue une partie de l'enveloppe externe, la valeur de l'indice de température TI tel que défini en 7.1.3 d) de la CEI 60079-0. Comme alternative au TI, l'indice thermique relatif (RTI-impact mécanique) peut être déterminé en accord avec ANSI/UL 746B¹,
- i) la couleur du composé utilisé pour les échantillons d'essai, si la spécification du composé est influencée par un changement de couleur.

6 Températures

6.1 Généralités

Ni la température de surface maximale ni la valeur maximale de la température de fonctionnement continu du composé ne doivent être dépassées pendant le fonctionnement normal. Le matériel «m» doit être protégé de telle façon que l'encapsulage «m» ne soit pas altéré sous les conditions de panne spécifiées.

6.2 Limites en température

Lorsque pour des raisons de sécurité un dispositif de protection doit limiter les températures, il doit s'agir d'un dispositif sans réenclenchement interne ou externe, électrique ou thermique. Un seul dispositif est nécessaire pour le niveau de protection «mb» et deux le sont pour le niveau de protection «ma». Le contact thermique entre le dispositif et le composant sous surveillance doit être approprié. Pour des raisons de fonctionnement, le matériel «m» peut également contenir un dispositif supplémentaire de protection à auto-réenclenchement.

Si le dispositif de protection sans réenclenchement satisfait à la CEI 60127 ou CEI 60691, un seul dispositif sera nécessaire pour les deux niveaux de protection.

Lorsque le matériel peut s'avérer défectueux, se reporter à 7.2.1, ou, en cas de possible élévation de température, par exemple à la suite de l'application d'une tension défavorable en accord avec 7.2.1 ou suite à une charge défavorable, ces paramètres doivent être pris en compte pour déterminer la température limite.

¹ ANSI/UL 746B, *Polymeric Materials – Long-term Property Evaluations* (disponible en anglais seulement)

The specification shall include:

- a) the name and address of the manufacturer of the compound,
- b) the exact and complete reference of the material, and, if relevant percentage of fillers and any other additives, the mixture ratios and the type designation,
- c) if applicable, any treatment of the surface of the compound(s), for example varnishing,
- d) if applicable, to obtain correct adhesion of the compound to a component any requirement for pre-treating of the component for example cleaning, etching,
- e) if appropriate, the result of the water absorption test in accordance with 8.1. Where this test has not been performed, to indicate this special condition of use the apparatus shall be marked "X" in accordance with item i) of 29.2 of IEC 60079-0,
- f) the dielectric strength in accordance with IEC 60243-1 at the maximum temperature of the apparatus determined according to 8.2.2,
- g) temperature range of the compound(s) (upper and lower continuous operating temperature),
- h) in the case of "m" apparatus where the compound is part of the external enclosure the temperature index TI value as defined by 7.1.3 d) of IEC 60079-0. As an alternative to the TI, the relative thermal index (RTI-mechanical impact) may be determined in accordance with ANSI/UL 746B¹,
- i) the colour of the compound used for the test samples where the compound specification will be influenced by changing the colour.

6 Temperatures

6.1 General

The maximum surface temperature and the maximum value of the continuous operating temperature of the compound shall not be exceeded during normal operation. The "m" apparatus shall be protected in such a way that the encapsulation "m" is not affected under specified fault conditions.

6.2 Temperature limitation

When a protective device is required to limit temperatures for safety reasons, it shall be a non-resetting internal or external, electrical or thermal device. One device is required for level of protection "mb" and two devices for level of protection "ma". The thermal coupling of the device to the component being monitored shall be sufficient. For functional reasons the "m" apparatus may also contain an additional resettable protective device.

If the non-resetting protective device complies with IEC 60127 or IEC 60691, only one device is necessary for both levels of protection.

Where the apparatus may be subject to fault, see 7.2.1, or where there is the possibility of an increased temperature, for example by an unfavourable input voltage in accordance with 7.2.1 or an unfavourable load, these shall be taken into account in determining the limiting temperature.

¹ ANSI/UL 746B, *Polymeric Materials – Long-Term Property Evaluations*

6.3 Détermination des valeurs de température limites

6.3.1 Température de surface maximale d'un échantillon d'essai

La température maximale de surface doit être déterminée en utilisant la méthode d'essai donnée en 8.2.2 en accord avec les conditions d'alimentation spécifiées en 4.5. Cette température doit être utilisée pour déterminer la classe de température.

6.3.2 Température des composants à l'intérieur du composé

Le ou les composants les plus chauds doivent être déterminés. La température maximale dans le composé, à proximité du ou des composants les plus chauds, doit être déterminée en utilisant la méthode d'essai donnée en 8.2.2 pour le fonctionnement normal.

NOTE La détermination du composant le plus chaud peut être faite soit par calcul, soit par spécification du fabricant, ou soit par un essai avant encapsulation du composant.

7 Prescriptions de construction

7.1 Généralités

Lorsque l'encapsulage fait partie de l'enveloppe externe, il doit satisfaire aux prescriptions des enveloppes non métalliques et des parties d'enveloppes non métalliques.

Si l'utilisateur requiert des mesures de protection supplémentaires pour satisfaire aux prescriptions de cette norme (par exemple protection mécanique supplémentaire), le matériel doit être marqué du symbole «X» pour indiquer cette condition particulière d'utilisation en accord avec le point i) de 29.2 de la CEI 60079-0. Les actions appropriées doivent être prises pour tenir compte de l'expansion des composants pendant une utilisation normale et en cas d'apparition de panne en accord avec 7.2.

Dans 7.2 à 7.9, les prescriptions sont différentes selon que le composé adhère ou non à l'enveloppe. La spécification d'une adhérence vise à empêcher l'introduction de poussière combustible et d'humidité aux interfaces des surfaces de séparation (par exemple enveloppe-composé, composé-pièces non entièrement recouvertes par le composé, telles que cartes de circuits imprimés, bornes de connexion etc.). Tout traitement supplémentaire éventuel des surfaces de séparation nécessaire pour assurer l'adhérence doit être inclus dans la documentation du constructeur.

Lorsqu'une adhérence est spécifiée, elle doit être intacte après exécution des essais prescrits.

NOTE Le choix du ou des composés à utiliser pour une application spécifique dépend de la tâche devant être effectuée par chaque composé. En général, il ne suffit pas d'essayer un composé une seule fois en vue d'une utilisation universelle d'encapsulage «m».

7.2 Détermination des pannes

7.2.1 Examen des pannes

La protection apportée par l'encapsulage doit être maintenue même en cas de condition d'entrée défavorable (mais entre 90 % et 110 % du paramètre nominal) et en cas de charge de sortie défavorable et de panne électrique interne (deux pannes pour le niveau de protection «ma» et un pour le niveau de protection «mb»), par exemple dans les cas suivants:

- court-circuit d'un composant;
- panne d'un composant;
- panne de circuits imprimés.

6.3 Determination of the limiting temperature

6.3.1 Maximum surface temperature of the test sample

The maximum surface temperature shall be determined using the test method given in 8.2.2 in accordance with the supply conditions specified in 4.5. This temperature shall be used to determine the temperature class.

6.3.2 Temperature of the components in the compound

The hottest component(s) shall be determined. The maximum temperature in the compound, adjacent to the hottest component(s), shall be determined using the test method given in 8.2.2 for normal operation.

NOTE The determination of the hottest component may be done by calculation or manufacturer's specification or by a practical test prior to encapsulating the components.

7 Constructional requirements

7.1 General

Where the encapsulation forms part of the external enclosure it shall comply with the requirements for non metallic enclosures and parts of non metallic enclosures.

If additional protective measures are required by the user in order to satisfy the requirements of this standard, for example, additional mechanical protection, to indicate this special condition of use the apparatus shall be marked "X" in accordance with item i) of 29.2 of IEC 60079-0. Appropriate action shall be taken to accommodate the expansion of components during normal operation and in the event of faults according to 7.2.

In 7.2 to 7.9 the requirements differ according to whether the compound adheres to the enclosure. Where adhesion is specified, the aim is to prevent the ingress of explosive atmospheres and moisture at the boundary surfaces (for example enclosure-compound, compound-parts that are not completely embedded in the compound, such as printed wiring boards, connection terminals, etc.). If additional treatment for the boundary surfaces is required in order to ensure adhesion, this shall be included in the manufacturer's documentation.

Where adhesion is required to maintain the type of protection, it shall be maintained after completion of all the prescribed tests.

NOTE The choice of the compound(s) to be used for a specific application is dependent on the task each compound has to perform. In general, testing a compound once is not sufficient for universal use for encapsulation "m".

7.2 Determination of faults

7.2.1 Fault examination

The encapsulation protection shall be maintained even in the case of an unfavourable input condition (but between 90 % and 110 % of the rated parameter) and unfavourable output load and of any internal electrical fault (one fault for level of protection "mb" and two faults for level of protection "ma"), for example in the event of

- a short circuit in any component;
- the failure of any component;
- a fault in the printed circuitry.

Les composants infaillibles et les distances de séparation infaillibles ne doivent pas être considérés comme susceptibles de tomber en panne.

La panne de plusieurs composants peut résulter de conditions instables, par exemple de l'alternance de résistances faibles et élevées. Dans ces cas, la condition qui donne la condition de puissance maximale doit être retenue.

Si une panne entraîne ultérieurement une ou plusieurs anomalies, par exemple à la suite de la surcharge d'un composant, la ou les pannes primaires et ultérieures doivent être considérées comme constituant une seule panne.

7.2.2 Composants infaillibles

Les composants suivants doivent être réputés infaillibles s'ils sont encapsulés conformément aux prescriptions de cette norme, s'ils sont appropriés pour la plage de températures à l'emplacement de l'installation et s'ils ne sont pas chargés à plus de 2/3 de leur tension, courant et puissance assignés spécifiés par le constructeur du composant respectif:

- résistances, qui satisfont à 8.4 de la CEI 60079-11,
- bobines spiralées, une seule couche,
- condensateurs plastiques multicouches,
- condensateurs au papier,
- condensateurs céramiques,
- semi-conducteurs, s'ils sont utilisés conformément à 8.6 de la CEI 60079-11.

En cas d'utilisation de dispositifs à semi-conducteurs pour limiter le courant, un seul dispositif suffit pour le niveau de protection «mb», mais il faut en utiliser deux pour le niveau de protection «ma».

NOTE Contrairement aux prescriptions des appareils de sécurité intrinsèque de niveau de protection «ia» en accord avec la CEI 60079-11, l'utilisation de circuits de régulation à semi-conducteurs actifs n'est pas interdite car l'effet de perturbations transitoires à court terme est nettement moins important dans le cas de matériel encapsulé.

Pour la séparation de différents circuits, les composants suivants sont réputés être infaillibles:

- a) coupleurs optoélectroniques et relais, si la tension d'isolement assignée est conforme à $(2U + 1\,000\text{ V})$ ou à $1\,500\text{ V c.a.}$, la plus grande de ces deux valeurs devant être considérée (U est la somme des tensions efficaces assignées des deux circuits);
- b) transformateurs conformes aux CEI 61558-2-6 ou 60079-11;
- c) bobines, transformateurs et enroulements de moteur conformes à la CEI 60079-7 (y compris ceux dont le diamètre de fil est inférieur à 0,25 mm lorsqu'ils sont également protégés contre des températures internes inadmissibles).

7.2.3 Distances de séparation infaillibles

Il n'est pas nécessaire de considérer la possibilité d'une panne, tel que cela est décrit en 7.2.1 dans le cas d'un claquage de tension, si la distance entre les pièces nues sous tension

- du même circuit, ou
- d'un circuit et de pièces métalliques à la terre, ou
- de deux circuits séparés (la somme des tensions doit être prise en tant que tension pour le Tableau 1; si une des tensions est inférieure de 20 % par rapport à l'autre, elle ne doit pas être prise en compte)

satisfait aux prescriptions de 7.2.3.1 et, s'il y a lieu, de 7.2.3.2.

Infallible components and infallible separation distances shall not be subject to fault.

The failure of some components may result in an unstable condition, for example, alternating between high and low resistance. In those cases, the condition that results in maximum power condition shall be considered.

If a fault leads to one or more subsequent faults, for example, due to the overload of a component, the primary and subsequent fault(s) shall be considered to be a single fault.

7.2.2 Infallible components

The following components shall be considered to be infallible if they are encapsulated according to the requirements of this standard, if they are suitable for the temperature range at the site of installation and if they are not loaded with more than 2/3 of their rated voltage, rated current and rated power specified by the manufacturer of the respective component:

- resistors, if they comply with 8.4 of IEC 60079-11,
- single-layer, spirally wound coils,
- plastic foil capacitors,
- paper capacitors,
- ceramic capacitors,
- semiconductors, if they are used in accordance with 8.6 of IEC 60079-11.

Where semiconductor devices are used to limit current, a single device is adequate for level of protection “mb” but two devices shall be used for level of protection “ma”.

NOTE In contrast to the requirements for intrinsically safe apparatus with level of protection “ia” according to IEC 60079-11, it is not necessary to prohibit the use of active semiconductor regulating circuits, as the effect of a short term transient disturbance is significantly less for encapsulated apparatus.

The following components for the segregation of different circuits shall be considered infallible:

- a) optocouplers and relays, if the rated insulation voltage conforms to $(2U + 1\,000\text{ V})$ or $1\,500\text{ V}$ a.c. whichever is greater (U is the sum of the rated r.m.s. voltages of both circuits);
- b) transformers, complying with IEC 61558-2-6 or IEC 60079-11;
- c) coils, transformers and motor windings that comply with IEC 60079-7, including those that have wire diameters of less than 0,25 mm when they are also protected against inadmissible internal temperatures.

7.2.3 Infallible separation distances

It is not necessary to consider the possibility of a fault occurring as described in 7.2.1 in respect of voltage breakdown, if the distances between bare current-carrying parts

- of the same circuit, or
- of a circuit and earthed metal parts, or
- of two separate circuits (sum of the working voltages shall be taken as the voltage for Table 1; where one of the working voltages is less than 20 % of the other, it shall be ignored)

complies with the requirements of 7.2.3.1 and if applicable 7.2.3.2.

7.2.3.1 Distances dans le composé

Les distances dans le composé doivent être réputées infaillibles si elles sont conformes aux valeurs du Tableau 1, sous réserve qu'elles aient été maintenues mécaniquement avant l'encapsulage.

Tableau 1 – Distances dans le composé

Tension U eff. ou c.c. (voir note) V	Distance minimale mm
≤ 63	0,5
≤ 400	1
≤ 500	1,5
≤ 630	2
$\leq 1\ 000$	2,5
$\leq 1\ 600$	4
$\leq 3\ 200$	7
$\leq 6\ 300$	12
$\leq 10\ 000$	20
NOTE Les tensions indiquées proviennent de la CEI 60664-1. Pour toutes les tensions, la tension de service véritable peut dépasser la valeur indiquée au tableau à hauteur de 10 %. Cela est basé sur la rationalisation des tensions d'alimentation indiquées au Tableau 3b de la CEI 60664-1.	

7.2.3.2 Distance d'isolement dans le matériau

Les distances d'isolement dans le matériau doivent être réputées infaillibles si l'épaisseur minimale d'isolement est de 0,1 mm et si l'essai de rigidité diélectrique de 8.2.4 est satisfait.

7.3 Espace libre dans l'encapsulage

Le composé doit être exempt de vides.

La somme de tous les espaces libres ne doit pas dépasser

- 100 cm³ pour le niveau de protection «mb»;
- 10 cm³ pour le niveau de protection «ma».

Des prescriptions supplémentaires pour l'épaisseur du composé se trouvent au Tableau 2.

7.2.3.1 Distances through the compound

Distances through compound shall be considered to be infallible if they comply with the values in Table 1, provided that they were fixed mechanically before encapsulation.

Table 1 – Distances through the compound

Voltage U r.m.s. or d.c. (see note) V	Minimum distance mm
≤ 63	0,5
≤ 400	1
≤ 500	1,5
≤ 630	2
$\leq 1\ 000$	2,5
$\leq 1\ 600$	4
$\leq 3\ 200$	7
$\leq 6\ 300$	12
$\leq 10\ 000$	20
NOTE Voltages shown are derived from IEC 60664-1. For all voltages, the actual voltage may exceed the value given in the table by up to 10 %. This is based on the rationalisation of supply voltages given in Table 3b of IEC 60664-1.	

7.2.3.2 Distances through solid insulation

Distances through solid insulation shall be considered to be infallible if the minimum thickness of solid insulation is 0,1 mm and meets the dielectric strength test of 8.2.4.

7.3 Free space in the encapsulation

The compound shall be free of voids.

The sum of the free spaces shall not exceed

- 100 cm³ for level of protection “mb”;
- 10 cm³ for level of protection “ma”.

Additional requirements for the thickness of compound are given in Table 2.

Tableau 2 – Epaisseur minimale du composé à l'espace libre

Niveau de protection	Epaisseur minimale du composé entre l'espace libre et	Espace libre $\leq 1 \text{ cm}^3$	Espace libre $> 1 \text{ cm}^3 \leq 10 \text{ cm}^3$	Espace libre $> 10 \text{ cm}^3 \leq 100 \text{ cm}^3$
«ma»	Espace libre ou surface libre	3 mm	3 mm (essai de pression conformément à 8.2.6)	Non admissible
	Enveloppe en plastique ou en métal avec adhérence (voir note)	3 mm (enveloppe + composé)	3 mm (enveloppe + composé) (essai de pression conformément à 8.2.6)	Non admissible
	Enveloppe en plastique ou en métal sans adhérence	3 mm	3 mm (essai de pression conformément à 8.2.6)	Non admissible
«mb»	Espace libre ou surface libre	1 mm	3 mm	3 mm (essai de pression conformément à 8.2.6)
	Enveloppe en plastique ou en métal avec adhérence (voir note)	1 mm (enveloppe + composé)	3 mm (enveloppe + composé)	3 mm (enveloppe + composé) (essai de pression conformément à 8.2.6)
	Enveloppe en plastique ou en métal sans adhérence	1 mm	3 mm	3 mm (essai de pression conformément à 8.2.6)

NOTE Epaisseur de paroi ≥ 1 mm vers l'extérieur de l'enveloppe plastique ou métallique avec adhérence ayant une épaisseur minimale de 1 mm.

7.4 Epaisseur du composé

7.4.1 Généralités

Si la surface du composé est totalement ou partiellement entourée par une enveloppe et que l'enveloppe fait partie de la protection, l'enveloppe ou les parties de l'enveloppe doivent satisfaire aux prescriptions de la CEI 60079-0.

L'épaisseur minimale du composé avec ou sans enveloppe autour doit satisfaire aux prescriptions de 7.4.2 à 7.4.4 selon les besoins.

Dans tous les cas, l'agent d'encapsulage doit être en outre soumis à l'essai de rigidité diélectrique de 8.2.4

7.4.2 Matériel «m» avec surface libre

L'épaisseur du composé entre la surface libre du composé et les composants ou conducteurs de l'encapsulage, comme indiqué dans la Figure 1, doit correspondre à celle du Tableau 3.

Table 2 – Minimum thickness of compound from free space

Level of protection	Minimum thickness of compound from free space to:	Free space $\leq 1 \text{ cm}^3$	Free space $> 1 \text{ cm}^3 \leq 10 \text{ cm}^3$	Free space $> 10 \text{ cm}^3 \leq 100 \text{ cm}^3$
"ma"	Free space or free surface	3 mm	3 mm (pressure test in accordance with 8.2.6)	Not permitted
	Plastic or metal enclosure with adhesion (see note)	3 mm (enclosure + compound)	3 mm (enclosure + compound) (pressure test in accordance with 8.2.6)	Not permitted
	Plastic or metal enclosure without adhesion	3 mm	3 mm (pressure test in accordance with 8.2.6)	Not permitted
"mb"	Free space or free surface	1 mm	3 mm	3 mm (pressure test in accordance with 8.2.6)
	Plastic or metal enclosure with adhesion (see note)	1 mm (enclosure + compound)	3 mm (enclosure + compound)	3 mm (enclosure + compound) (pressure test in accordance with 8.2.6)
	Plastic or metal enclosure without adhesion	1 mm	3 mm	3 mm (pressure test in accordance with 8.2.6)
NOTE Wall thickness $\geq 1 \text{ mm}$ to the outside of a plastic or metal enclosure with adhesion having a minimum thickness of 1 mm.				

7.4 Thickness of the compound

7.4.1 General

If the surface of the compound is totally or partly surrounded by an enclosure and the enclosure is part of the protection, the enclosure or parts of the enclosure shall comply with the enclosure requirements of IEC 60079-0.

The minimum thickness of the compound with or without a surrounding enclosure shall comply with the requirements of 7.4.2 to 7.4.4 as applicable.

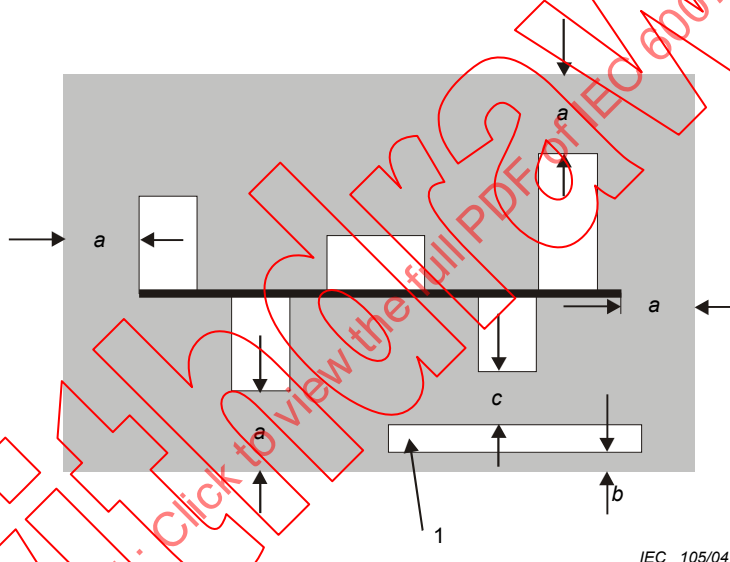
In all cases the encapsulant is additionally subjected to the dielectric strength test of 8.2.4.

7.4.2 "m" apparatus with free surface

The thickness of the compound between the free surface of the compound and the components or conductors in the encapsulation, as shown in Figure 1, shall comply with Table 3.

Tableau 3 – Epaisseur du composé entre la surface libre du composé et les composants ou conducteurs

Niveau de protection «ma»	Niveau de protection «mb»
$a \geq 3 \text{ mm}$	Surface libre $\leq 2 \text{ cm}^2$ $a \geq$ distance en accord avec le Tableau 1, mais pas $< 1 \text{ mm}$
	Surface libre $> 2 \text{ cm}^2$ $a \geq$ distance en accord avec le Tableau 1, mais pas $< 3 \text{ mm}$
$c \geq$ distance en accord avec le Tableau 1	$c \geq$ distance en accord avec le Tableau 1
$b \geq 3 \text{ mm}$	$b \geq 1 \text{ mm}$
où a est la distance entre le composant et la surface libre, b est la distance entre une pièce non sous tension et la surface libre, c est la distance entre le composant et des pièces non sous tension dans l'encapsulage.	



Légende

1 Pièce non sous tension

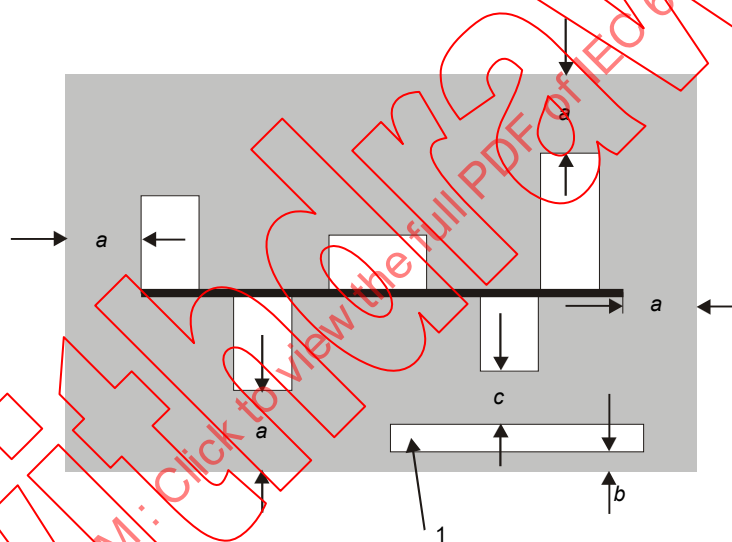
Figure 1 – Distances entre la surface libre de composé et les composants ou conducteurs

7.4.3 Matériel «m» avec enveloppe métallique

L'épaisseur du composé entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants ou conducteurs de l'encapsulage, comme indiqué à la Figure 2, doit être conforme au Tableau 4.

Table 3 – Thickness of compound between the free surface of the compound and components or conductors

Level of protection “ma”	Level of protection “mb”
$a \geq 3 \text{ mm}$	Free surface $\leq 2 \text{ cm}^2$ $a \geq$ distance according to Table 1, but not less than 1 mm
	Free surface $> 2 \text{ cm}^2$ $a \geq$ distance according to Table 1, but not less than 3 mm
$c \geq$ distance according to Table 1	$c \geq$ distance according to Table 1
$b \geq 3 \text{ mm}$	$b \geq 1 \text{ mm}$
where a is the distance between the component and the free surface, b is the distance between a non current carrying part and the free surface, c is the distance between the component and non current carrying parts inside the encapsulation.	



IEC 105/04

Key

1 Non current carrying part

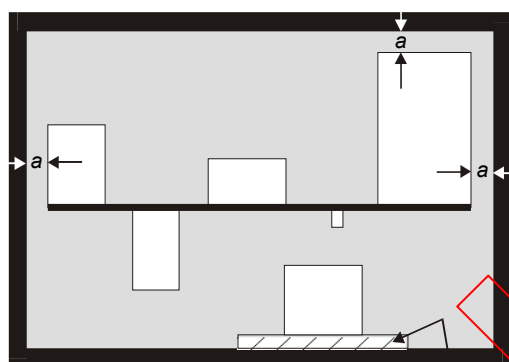
Figure 1 – Distances between free surface of compound and components or conductors

7.4.3 “m” apparatus with metal enclosure

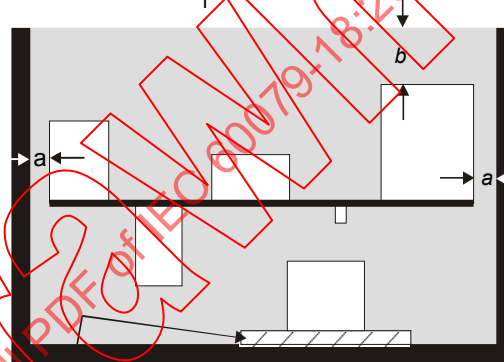
The thickness of the compound between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors in the encapsulation, as shown in Figure 2, shall comply with Table 4.

Tableau 4 – Epaisseur du composé entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants ou conducteurs

Niveau de protection «ma»	Niveau de protection «mb»
$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 1 \text{ mm}$
$b \geq 3 \text{ mm}$	$b \geq \text{distance conformément au Tableau 1, mais non moins de 3 mm}$
où a est la distance entre le composant et la paroi interne de l'enveloppe, b est la distance entre le composant et la surface libre.	



IEC 106/04



IEC 107/04

Enveloppe métallique de tous les côtés

Enveloppe métallique pas de tous les côtés

Légende

- 1 Surface libre
- 2 Matériau d'isolement solide (voir 7.2.3.2)

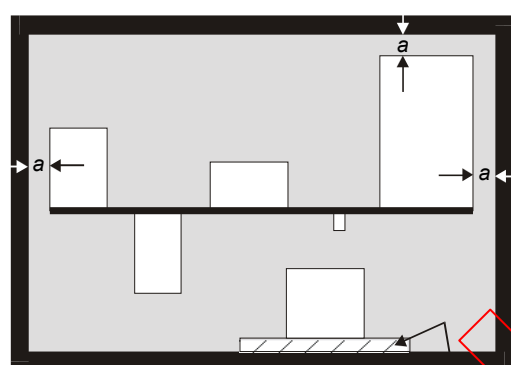
Figure 2 – Distances entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants ou conducteurs

7.4.4 Matériel «m» avec enveloppe plastique

L'épaisseur du composé entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants ou conducteurs de l'encapsulation, comme indiqué à la Figure 3, doit être conforme au Tableau 5.

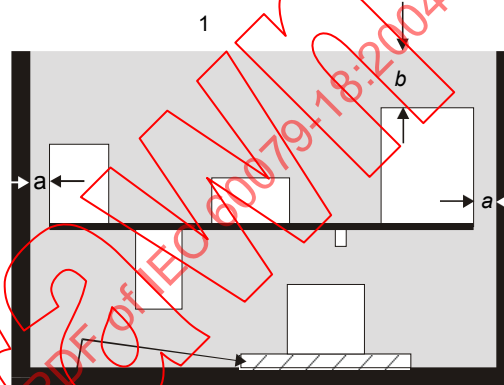
Table 4 – Thickness of the compound between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors

Level of protection “ma”	Level of protection “mb”
$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 1 \text{ mm}$
$b \geq 3 \text{ mm}$	$b \geq \text{distance in accordance with Table 1, but not less than 3 mm}$
where a is the distance between the component and the inside wall of the enclosure, b is the distance between the component and the free surface.	



IEC 106/04

Metallic enclosure on all sides



IEC 107/04

Metallic enclosure not on all sides

Key

1 Free surface

2 Solid insulation material, see 7.2.3.2

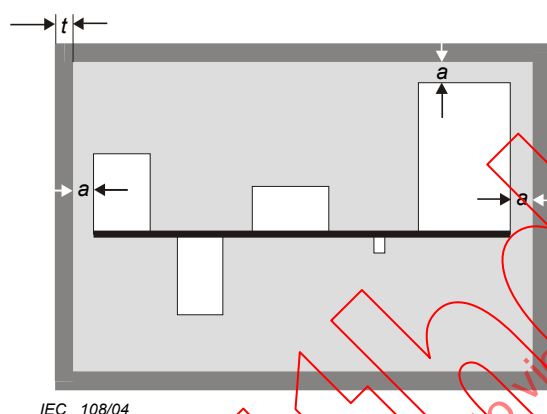
Figure 2 – Distances between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors

7.4.4 “m” apparatus with plastic enclosure

The thickness of the compound between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors in the encapsulation as shown in Figure 3 shall comply with Table 5.

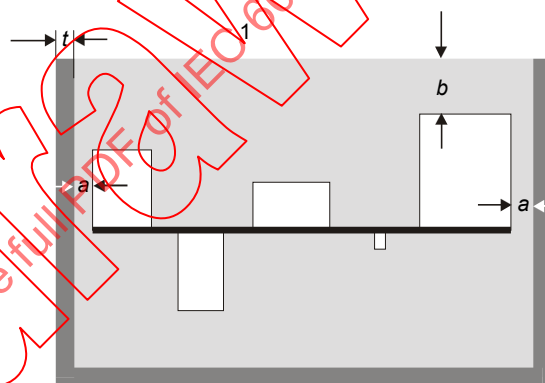
Tableau 5 – Épaisseur du composé entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants ou conducteurs

Enveloppe avec adhérence au composé				Enveloppe sans adhérence au composé			
$t < 1 \text{ mm}$		$t \geq 1 \text{ mm}$		$t < 1 \text{ mm}$		$t \geq 1 \text{ mm}$	
Niveau de protection «ma»	Niveau de protection «mb»	Niveau de protection «ma»	Niveau de protection «mb»	Niveau de protection «ma»	Niveau de protection «mb»	Niveau de protection «ma»	Niveau de protection «mb»
$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 1 \text{ mm}$	$a + t \geq 3 \text{ mm}$	$a + t \geq 1 \text{ mm}$	$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 1 \text{ mm}$
$b \geq$ distance conformément au Tableau 1, mais non moins de 3 mm							
où							
a est la distance entre le composant et l'enveloppe,							
b est la distance entre le composant et la surface libre,							
t est l'épaisseur de la paroi.							



IEC 108/04

Enveloppe en plastique de tous les côtés



IEC 109/04

Enveloppe en plastique pas de tous les côtés

Légende

1 Surface libre

Figure 3 – Distances entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants ou conducteurs

7.4.5 Enroulements pour machines électriques

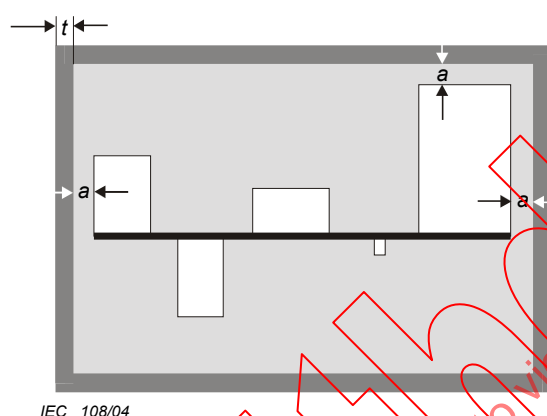
Dans le cas des machines électriques avec enroulements dans des gorges, le matériau isolant dans la gorge doit avoir

- pour le niveau de protection «ma», une épaisseur minimale de 0,1 mm et il doit être étendu d'au moins 5 mm au-delà de la gorge;
- pour le niveau de protection «mb», il n'y a aucune prescription d'épaisseur minimale ou d'extension.

Pour les deux niveaux de protection «ma» et «mb», l'extrémité de l'encoche et l'enroulement d'extrémité doivent être protégés par l'épaisseur minimale du composé conformément à 7.4.1. Un essai de rigidité diélectrique avec $U = (2U + 1\,000 \text{ V})$ c.a. pour une tension minimale de 1 500 V c.a. doit être effectué.

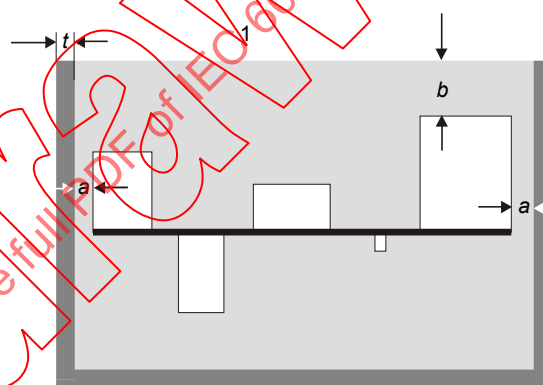
Table 5 – Thickness of the compound between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors

Enclosure with adhesion to the compound				Enclosure without adhesion to the compound			
$t < 1 \text{ mm}$		$t \geq 1 \text{ mm}$		$t < 1 \text{ mm}$		$t \geq 1 \text{ mm}$	
Level of protection "ma"	Level of protection "mb"	Level of protection "ma"	Level of protection "mb"	Level of protection "ma"	Level of protection "mb"	Level of protection "ma"	Level of protection "mb"
$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 1 \text{ mm}$	$a + t \geq 3 \text{ mm}$	$a + t \geq 1 \text{ mm}$	$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 1 \text{ mm}$
$b \geq$ distance in accordance with Table 1, but not less than 3 mm							
where							
a is the distance between the component and the enclosure,							
b is the distance between the component and the free surface,							
t is the wall thickness.							



IEC 108/04

Plastic enclosure on all sides



IEC 109/04

Plastic enclosure not on all sides

Key

1 Free surface

Figure 3 – Distances between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors

7.4.5 Windings for electrical machines

For electrical machines with windings in slots, the solid slot insulation shall have

- for level of protection "ma", a minimum thickness of 0,1 mm and shall be extended by at least 5 mm beyond the slot;
- for level of protection "mb", no requirement for minimum thickness or extension.

For both levels of protection "ma" and "mb", the end of the slot and the end-winding shall be protected by the minimum thickness of compound in accordance with 7.4.1. A dielectric strength test shall be passed with $U = (2U + 1\,000 \text{ V})$ a.c. with a minimum of 1 500 V a.c.

7.4.6 Cartes imprimées rigides multicouches avec connexions traversantes

7.4.6.1 Généralités

Les cartes imprimées multicouches qui satisfont aux prescriptions de la CEI 62326-4-1, niveau de performance C, avec distances minimales indiquées en 7.4.6.2 et fonctionnant à des tensions inférieures ou égales à 500 V, sont réputées être encapsulées si elles sont conformes aux prescriptions de 7.4.6.2.

7.4.6.2 Distances minimales

L'isolement des feuilles de cuivre (coeur) et des feuilles adhésives doit satisfaire aux prescriptions de 7.2.3.2.

La distance minimale entre les conducteurs de circuits imprimés et le bord de la carte imprimée multicouche ou de tout trou traversant qu'elle comporte doit être d'au moins 3 mm. Si les bords ou trous traversants sont protégés par un matériau métallique ou isolant s'étendant sur la surface de la carte à au moins 1 mm des bords ou des trous traversants, la distance par rapport aux conducteurs de la carte imprimée peut être réduite à 1 mm. Le matériau d'isolement doit satisfaire aux prescriptions de revêtement de conformité selon la CEI 60079-11. Le revêtement métallique doit avoir une épaisseur d'au moins 35 μm ; se reporter également à la Figure 4 et au Tableau 6.

Tableau 6 – Distances minimales pour cartes imprimées à couches multiples

Distance	Niveau de protection «ma»	Niveau de protection «mb»
<i>a</i>	3 mm	0,5 mm
<i>b</i>	3 mm	3 mm
<i>c</i>	3 mm	1 mm
<i>d</i>	0,1 mm (voir 7.2.3.2)	0,1 mm (voir 7.2.3.2)
<i>e</i>	distances conformément au Tableau 1	distances conformément au Tableau 1

où

a est la distance entre la pièce sous tension et la surface externe par la couche de fermeture;

b est la distance entre la pièce sous tension et la surface externe le long de la couche de fermeture;

c est la longueur de la partie métallique ou de l'isolement sur la surface de la carte à partir du bord ou de l'orifice;

d est l'épaisseur de la couche adhésive ou du coeur;

e est la distance entre deux circuits à l'intérieur du multicouche.

7.4.6 Rigid, multi-layer printed wiring boards with through connections

7.4.6.1 General

Multi-layer printed wiring boards complying with the requirements of IEC 62326-4-1, performance level C, with the minimum distances in 7.4.6.2 and operated at voltages less than or equal to 500 V, shall be considered to be encapsulated providing they meet 7.4.6.2.

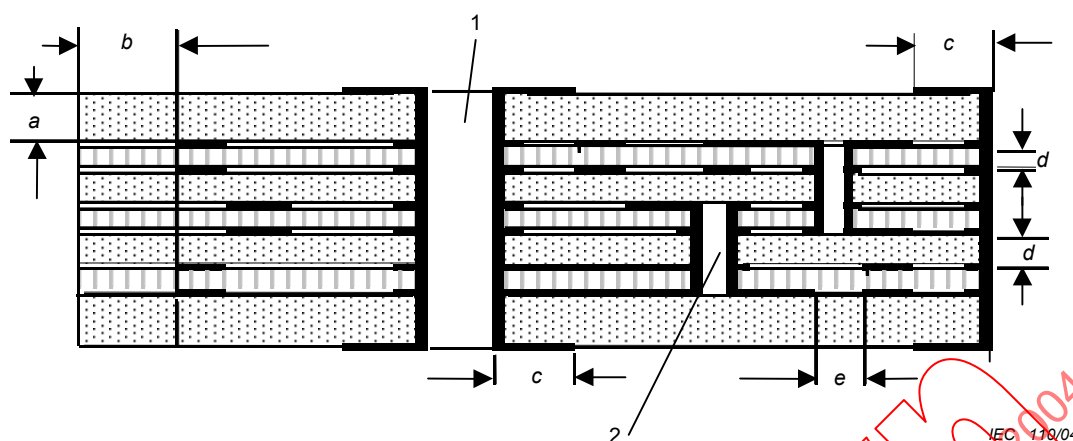
7.4.6.2 Minimum distances

The insulation of the copper-clad laminates (cores) and the adhesive films shall comply with the requirements of 7.2.3.2.

The minimum distance between the printed circuit conductors and the edge of the multi-layer printed wiring board or any hole in it shall be at least 3 mm. If the edges or holes are protected with metal or insulating material extending at least 1 mm along the surface of the board from the edges or holes, the distance of the printed wiring conductors may be reduced to 1 mm. Insulating material shall comply with the requirements for conformal coating in accordance with IEC 60079-11. Metal coating shall have a minimum thickness of 35 μm , see also Figure 4 and Table 6.

Table 6 – Minimum distances for multi-layer printed wiring boards

Distance	Level of protection "ma"	Level of protection "mb"
<i>a</i>	3 mm	0,5 mm
<i>b</i>	3 mm	3 mm
<i>c</i>	3 mm	1 mm
<i>d</i>	0,1 mm, see 7.2.3.2	0,1 mm, see 7.2.3.2
<i>e</i>	in accordance with Table 1	in accordance with Table 1
where <i>a</i> is the distance between the current carrying part and the outside surface through the cover layer; <i>b</i> is the distance between the current carrying part and the outside surface along the cover layer; <i>c</i> is the length of metal or insulation extending along the surface of the board from the edge or the hole; <i>d</i> is the thickness of the adhesive film or the core; <i>e</i> is the distance between two circuits inside the multilayer.		



Légende

Coeur et couche de fermeture

Couche adhésive

Cuivre

1 Contact transversal de terminaison

2 Contact transversal pour relier les conducteurs imprimés aux couches

Figure 4 – Distances minimales pour cartes imprimées multicouches

7.5 Contacts de commutation

7.5.1 Niveau de protection «ma»

Les contacts de commutation ne sont pas autorisés pour le niveau de protection «ma».

7.5.2 Niveau de protection «mb»

Les contacts de commutation doivent être munis d'une enveloppe supplémentaire avant l'encapsulage. L'enveloppe supplémentaire doit être constituée d'un matériau inorganique si le courant commuté dépasse 2/3 du courant assigné spécifié par le constructeur du composant ou si le courant dépasse 6 A.

7.6 Connexions externes

L'entrée de toutes les connexions électriques, y compris les câbles, dans le composé doit être conçue de manière à empêcher l'introduction d'une atmosphère explosive dans le matériel «m» dans des conditions de fonctionnement normales ou dans des conditions de panne spécifiées. Cela peut être réalisé par une distance de cheminement des connexions sans protection supplémentaire, d'une longueur d'au moins 5 mm dans le composé. Dans le cas où des composés sont utilisés pour fixer la connexion du câble, ce dernier doit être protégé convenablement contre les dégradations provoquées par la flexion. Si l'entrée s'effectue par un câble relié en permanence au matériel «m», l'essai de traction doit s'effectuer conformément à 8.2.5.

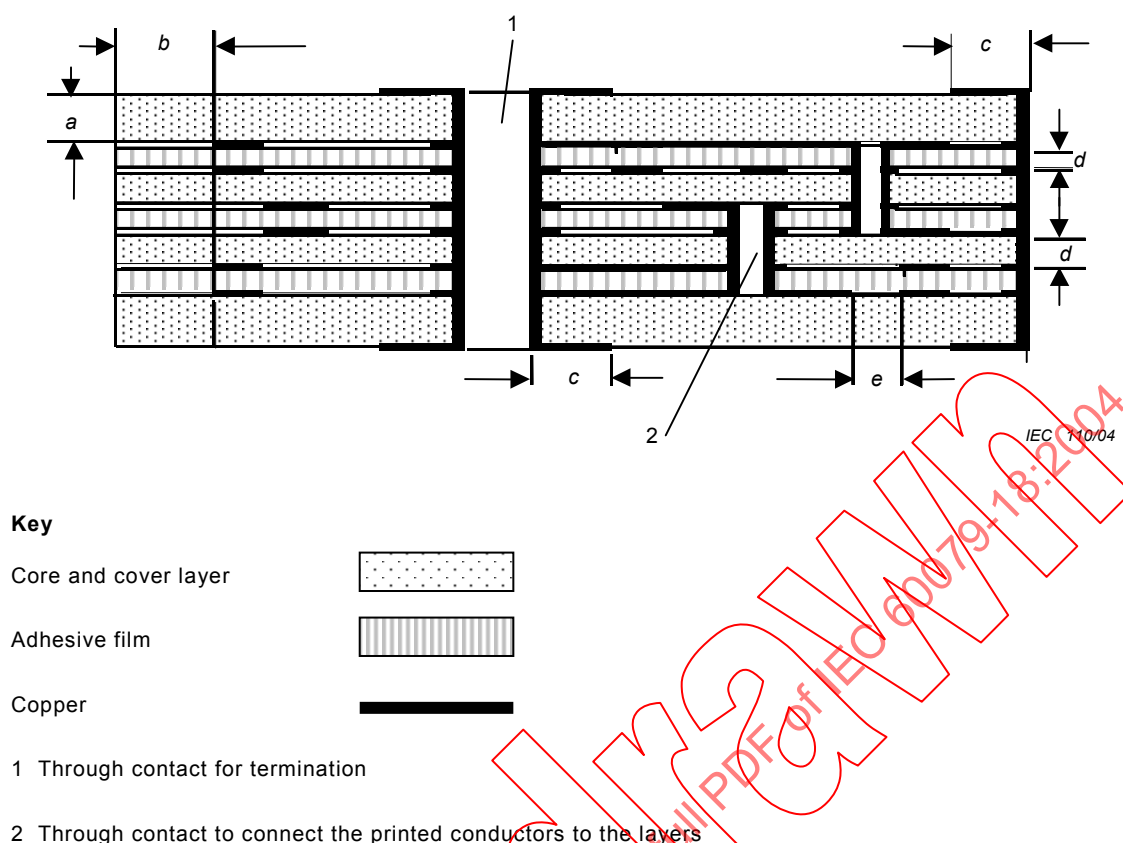


Figure 4 – Minimum distances for multi-layer printed wiring boards

7.5 Switching contacts

7.5.1 Level of protection “ma”

Switching contacts are not permitted in level of protection “ma”.

7.5.2 Level of protection “mb”

Switching contacts shall be provided with an additional enclosure before encapsulation. This additional enclosure shall be made of inorganic material if the switched current exceeds 2/3 of the rated current specified by the manufacturer of the component or if the current exceeds 6 A.

7.6 External connections

The entry of all electric conductors, including cables, into the compound shall be designed in such a way that the ingress of an explosive atmosphere into the “m” apparatus under normal operating or specified fault conditions is prevented. This may be achieved by a bare conductor path in the compound that is at least 5 mm long. When compounds are used to secure the connection cable, the cable shall be suitably protected against damage from flexing. If the entry takes the form of a cable that is permanently connected to the “m” apparatus, the pull test shall be carried out according to 8.2.5.

7.7 Protection des pièces actives nues

Les pièces actives nues qui dépassent de la surface du composé doivent être protégées par un autre type de protection comme suit:

- a) pour le niveau de protection «ma», l'un des types de protection listés dans la CEI 60079-26;
- b) pour le niveau de protection «mb», l'un des types de protection listés dans la CEI 60079-0, à l'exception du type de protection «n».

7.8 Éléments et batteries

7.8.1 Généralités

Lors de l'évaluation des dispositifs de contrôle de batteries par rapport au dégagement potentiel de gaz, on doit prendre en compte la totalité de la plage de températures de fonctionnement, la résistance interne et la tension maximale pouvant être délivrée. On doit faire l'hypothèse que les batteries peuvent se déséquilibrer, mais il n'est pas nécessaire de prendre en compte les éléments de résistance ou de tension négligeables.

Pour le niveau de protection «ma», seules les batteries conformes à la CEI 60079-11 sont autorisées.

7.8.2 Prévention des dégagements gazeux

Les systèmes électrochimiques pouvant dégager du gaz pendant le fonctionnement normal ne sont pas autorisés. S'il n'est pas possible d'empêcher le dégagement du gaz en cas de panne, on doit le réduire au minimum au moyen d'un dispositif de sécurité conformément à 7.8.9. Dans le cas d'éléments d'accumulateurs, le dispositif de sécurité doit être efficace non seulement pendant le chargement, mais également pendant le déchargement. Cela s'applique également à l'extérieur de la zone.

En particulier,

- a) des éléments ouverts ne doivent pas être utilisés,
- b) des éléments étanches à «soupape de régulation» ne doivent pas être utilisés,
- c) les éléments étanches au gaz qui ne dégagent pas de gaz en conditions de service ou de panne dans la plage des températures ambiantes du matériel électrique peuvent être utilisés sans dispositif de sécurité conformément à 7.8.9,
- d) les éléments étanches au gaz ne satisfaisant pas aux prescriptions de 7.8.2 c) doivent avoir un dispositif de sécurité conformément à 7.8.9.

7.8.3 Systèmes électrochimiques autorisés

Les prescriptions du présent paragraphe remplacent le Paragraphe 23.2 de la CEI 60079-0.

Seuls les systèmes pour lesquels une expérience approfondie a montré qu'ils ne dégagent pas de gaz pendant le fonctionnement peuvent être utilisés. Il est généralement admis que seules les batteries indiquées aux Tableaux 7 et 8 satisfont à ces prescriptions.

7.7 Protection of bare live parts

Bare live parts that pass through the surface of the compound shall be protected by another type of protection as follows:

- a) for level of protection “ma”, one of the types of protection listed in IEC 60079-26;
- b) for level of protection “mb”, one of the types of protection listed in IEC 60079-0, excluding type of protection “n”.

7.8 Cells and batteries

7.8.1 General

When evaluating battery control arrangements with respect to the potential release of gas, the full range of operating temperatures, internal resistance and voltage capability shall be considered. It shall be assumed that batteries can become unbalanced, but cells with negligible resistance or voltage capability need not be taken into account.

For level of protection “ma”, only batteries complying with IEC 60079-11 are permitted.

7.8.2 Prevention of gassing

Electrochemical systems that can release gas during normal operation are not permitted. If the release of gas in the event of a fault cannot be precluded, the gassing shall be minimised by a safety device in accordance with 7.8.9. With secondary cells the safety device shall be effective not only during charging, but also during discharging. This also applies for charging outside the hazardous area.

In particular,

- a) vented cells shall not be used,
- b) sealed cells with "regulating valves" shall not be used,
- c) gas-tight cells that, within the range of the ambient temperature of the electric apparatus, do not release gas under any operating or fault conditions may be used without a safety device in accordance with 7.8.9,
- d) gas-tight cells that do not fulfil the requirements of 7.8.2 c) shall have a safety device in accordance with 7.8.9.

7.8.3 Permissible electro-chemical systems

The requirements of this subclause shall replace 23.2 of IEC 60079-0.

Only systems shall be used where sufficient experience has shown that they do not release gas during operation. In general, only the batteries listed in Tables 7 and 8 are known to meet these requirements.

Tableau 7 – Eléments primaires admissibles

CEI 60086-1, Type	Electrode positive	Electrolyte	Electrode négative	Tension assignée V	Tension maximale à vide V
-	Dioxyde de manganèse	Chlorure d'ammonium	Zinc	1,50	1,73
A	Oxygène	Chlorure d'ammonium	Zinc	1,40	1,55
B	Fluorure de carbone	Organique	Lithium	3,00	3,70
C	Dioxyde de manganèse	Organique	Lithium	3,00	3,70
L	Dioxyde de manganèse	Hydroxyde alcalin	Zinc	1,50	1,65
P	Oxygène	Hydroxyde alcalin	Zinc	1,40	1,68
S	Oxyde d'argent	Hydroxyde alcalin	Zinc	1,55	1,63
T	Oxyde d'argent	Hydroxyde alcalin	Zinc	1,55	1,87

Tableau 8 – Eléments secondaires admissibles

Type CEI	Type	Electrolyte	Tension assignée V	Tension maximale à vide
Type K CEI 61951-1 CEI 60622 CEI 61150	Nickel-cadmium	Solution de potassium/sodium	1,20	1,55
CEI 61951-2	Hydruure métallique de nickel	Solution de potassium	1,20	1,50
CEI 61960-1	Lithium	Sels organiques	3,60	a
a Données en cours de préparation				

7.8.4 Protection contre les températures excessives et contre la détérioration des éléments

Dans le pire cas de charge, les batteries doivent satisfaire à a) ou b):

- en fonctionnement normal, la température de surface des éléments ne doit pas dépasser la température spécifiée par le constructeur des éléments ou des batteries, ni 80 °C à la température ambiante maximale du matériel, et le courant de chargement et de déchargement ne doit pas dépasser la valeur de sécurité spécifiée par le constructeur, ou
- elles doivent être pourvues d'un ou de plusieurs dispositifs de sécurité conformément à 7.8.5 à 7.8.9. pour prévenir tout échauffement ou dégagement de gaz inacceptables dans l'encapsulation.

7.8.5 Courant inverse

Lorsqu'il y a une autre source de tension dans la même enveloppe, la batterie encapsulée et ses circuits associés doivent être protégés contre le chargement par des moyens différents du circuit spécialement conçu à cet effet, par exemple par séparation de la batterie et de ses circuits connexes de toute autre source(s) de tension à l'intérieur de l'enveloppe, en utilisant les distances d'isolement spécifiées au Tableau 1 pour la tension la plus élevée susceptible d'entraîner le courant inverse.

Table 7 – Permissible primary cells

IEC 60086-1 type	Positive electrode	Electrolyte	Negative electrode	Rated voltage V	Maximum no-load voltage V
-	Manganese dioxide	Ammonium chloride	Zinc	1,50	1,73
A	Oxygen	Ammonium chloride	Zinc	1,40	1,55
B	Carbon fluoride	Organic	Lithium	3,00	3,70
C	Manganese dioxide	Organic	Lithium	3,00	3,70
L	Manganese dioxide	Alkali metal hydroxide	Zinc	1,50	1,65
P	Oxygen	Alkali metal hydroxide	Zinc	1,40	1,68
S	Silver oxide	Alkali metal hydroxide	Zinc	1,55	1,63
T	Silver oxide	Alkali metal hydroxide	Zinc	1,55	1,87

Table 8 – Permissible secondary cells

IEC type	Type	Electrolyte	Rated voltage V	Maximum no-load voltage
Type K IEC 61951-1 IEC 60622 IEC 61150	Nickel-cadmium	Potassium/Sodium solution	1,20	1,55
IEC 61951-2	Nickel-metal-hydride	Potassium solution	1,20	1,50
IEC 61960-1	Lithium	Organic salts	3,60	^a
^a Data in preparation				

7.8.4 Protection against inadmissible temperatures and damage to the cells

Batteries under worst case load shall comply with either a) or b):

- in normal service the surface temperature of the cells shall not exceed either the temperature specified by the manufacturer of the cells or batteries or 80°C at the maximum ambient temperature of the apparatus, and the maximum charging and discharging current shall not exceed the safe value specified by the manufacturer, or
- batteries shall be provided with one or more safety devices as described in 7.8.5 to 7.8.9, to prevent unacceptable overheating or gassing inside the encapsulation.

7.8.5 Reverse current

Where there is another voltage source in the same enclosure, the encapsulated battery and its associated circuits shall be protected against charging by other than the circuit specifically designed for charging. For example, by separating the battery and its associated circuits from all other voltage source(s) inside the enclosure, using the clearance distances specified in Table 1 for the highest voltage capable of causing the reverse current.

7.8.6 Limitation de courant

Les caractéristiques de température de surface maximale doivent être déterminées au moyen du courant de décharge autorisé à la charge maximale spécifiée par le constructeur du matériel électrique ou par le dispositif de protection (voir 7.9, par exemple: 1,7 x régime du fusible) ou en court-circuit si ni une charge ni un dispositif de protection n'est spécifié.

Le courant de sécurité spécifié par le constructeur des éléments ou de la batterie peut être limité par une résistance, par un dispositif de limite de courant ou par un fusible, conformément à la CEI 60127 ou à une norme équivalente. Si on utilise des fusibles remplaçables, ils doivent être marqués afin d'indiquer leur régime, ainsi que leur fonction.

7.8.7 Protection contre l'inversion de polarité et les décharges excessives des éléments

En cas d'utilisation de plus de 3 éléments en série, la tension des éléments doit être surveillée. Lors de la décharge, si la tension descend en dessous de la valeur limite de la tension de l'élément spécifiée par le constructeur des éléments ou de la batterie, le dispositif de sécurité doit déconnecter les éléments.

NOTE 1 Si plusieurs éléments sont reliés en série, il est possible que les éléments changent de polarité pendant la décharge par suite des différentes capacités des éléments d'une batterie. Ces éléments «à pôle inversé» peuvent provoquer un dégagement gazeux inadmissible.

Lorsqu'un circuit de protection de décharge excessive est monté pour empêcher un chargement des éléments en polarité inversée, la tension de coupure minimale doit être celle qui est spécifiée par le constructeur des éléments ou de la batterie. Après déconnexion de la charge, le courant ne doit pas être supérieur à la capacité de décharge donnée pour 1 000 h de fonctionnement.

NOTE 2 Si trop d'éléments sont reliés en série, il peut ne pas y avoir de protection de sécurité du fait des tolérances des tensions des éléments individuels et du circuit de protection de décharge excessive. En général, il n'est pas recommandé que plus de six éléments (en série) soient protégés par un seul circuit de protection de décharge complète.

7.8.8 Chargement des batteries

Les circuits de chargement doivent être entièrement spécifiés en tant que partie du matériel. Le système de chargement doit avoir les caractéristiques suivantes:

- a) en cas d'une condition de défaut du système de chargement, la tension et l'intensité du chargeur ne doivent pas dépasser les limites spécifiées par le constructeur; ou
- b) si, lors du chargement, les valeurs limites spécifiées par le constructeur des éléments ou de la batterie pour la tension d'élément ou le courant de chargement risquent d'être dépassées, un dispositif de sécurité séparé en accord avec 7.9 doit être prévu afin d'éviter un dégagement de gaz et une élévation de chaleur inacceptable.

7.8.9 Prescriptions des dispositifs de sécurité pour éléments et batteries

Quand il sont requis, les dispositifs de sécurité doivent faire partie du système de contrôle. Le constructeur doit avoir la responsabilité de fournir toutes les informations nécessaires pour maintenir l'intégrité de sécurité du système de contrôle.

NOTE Les composants de sécurité respectant les prescriptions de la Catégorie 3 de l'EN 954-1 «Sécurité des machines – Composants de sécurité des systèmes de contrôle – Partie 1: Principes généraux de conception», devraient être conformes au présent article.

7.8.6 Current limitation

The maximum surface temperature shall be determined using the highest discharge current permitted by the maximum load specified by the apparatus manufacturer, or by the protective device, see 7.9, for example 1,7 x rating of the fuse, or at short circuit if neither a load nor a protective device is specified.

A resistor, a current limiting device or a fuse according to IEC 60127 or an equivalent standard may be used to ensure the safe current specified by the manufacturer of the cells or battery is not exceeded. If replaceable fuses are used they shall be marked to show their rating and function.

7.8.7 Protection against the polarity inversion and deep discharge of the cells

When more than 3 cells are used in series, the cell voltage shall be monitored. During discharging, if the voltage falls below the limit value for the cell voltage specified by the manufacturer of the cells or battery, the safety device shall disconnect the cells.

NOTE 1 If several cells are connected in series, cells can change polarity during discharge due to the various capacities of the cells in a battery. These "reversed pole" cells can enter an inadmissible gassing range.

Where a deep discharge protection circuit is installed to prevent reverse polarity charging of cells during discharge, the minimum cut-off voltage shall be that specified by the cell or battery manufacturer. After disconnecting the load, the current shall be no more than the discharge capacity at the 1 000 h rate.

NOTE 2 If too many cells are connected in series, there may be no safe protection due to the tolerances of the individual cell voltages and the deep discharge protection circuit. Generally no more than six cells (in series) should be protected by one deep discharge protection circuit.

7.8.8 Charging of batteries

The charging circuits shall be fully specified as part of the apparatus. The charging system shall be such that either

- a) with one fault condition of the charging system, the charging voltage and current shall not exceed the limits specified by the manufacturer; or
- b) if, during charging, it is possible for the limit values specified by the manufacturer of the cells or battery for the cell voltage or the charging current to be exceeded, a separate safety device in accordance with 7.9 shall be provided to avoid a release of gas and exceeding the manufacturer's maximum rated cell temperature.

7.8.9 Requirements for safety devices for cells and batteries

Where required, the safety devices shall form safety related parts of a control system. It shall be the responsibility of the manufacturer to provide the information necessary to maintain the safety integrity of the control system.

NOTE Safety related parts meeting the requirements of Category 3 of EN 954-1 "Safety of machinery – Safety related parts of control systems – Part 1: General principles for design" would satisfy the above.

7.9 Dispositifs de protection

7.9.1 Généralités

Lorsque le matériel «m» n'est pas en mesure de résister à une seule panne pour le niveau de protection «mb» ou à deux défauts pour le niveau de protection «ma» sans dépasser le COT du matériau encapsulant, ou la classe de température, un dispositif de protection doit être prévu soit à l'extérieur du matériel, soit intégré à celui-ci.

Le dispositif de protection doit être capable d'interrompre le courant maximal en cas de panne du circuit dans lequel il est installé. La tension assignée du dispositif de protection doit au moins correspondre à la tension de fonctionnement.

Quand l'encapsulation contient un élément ou une batterie et qu'un dispositif de sécurité est présent afin d'éviter une surchauffe excessive (voir 7.8.6), le dispositif de sécurité peut aussi être considéré comme un dispositif de protection, pour autant qu'il protège aussi les autres composants à l'intérieur du même encapsulage contre le dépassement du COT ou de la classe de température.

7.9.2 Dispositifs de protection électrique

7.9.2.1 Généralités

La tension assignée des fusibles ne doit pas être inférieure à celle du circuit d'alimentation et leur pouvoir de coupure ne doit pas être inférieur au courant de panne du circuit.

Sauf mention contraire, un fusible doit être susceptible de faire passer en permanence un courant d'intensité $1,7 \times$ courant assigné. Les caractéristiques courant-temps du fusible doivent assurer que le COT du matériau encapsulant ou la classe de température ne sont pas dépassés. Les caractéristiques courant-temps des fusibles doivent être consignées par le constructeur des fusibles, conformément à la CEI 60127 ou l'ANSI/UL 248-1.

NOTE Dans le cas de réseaux d'alimentation électrique où la tension assignée ne dépasse pas 250 V, le courant de court-circuit prévu est généralement de 1 500 A.

7.9.2.2 Dispositifs de protection qui sont connectés à un matériel «m»

Lorsque l'encapsulation n'est pas en mesure de résister à un seul défaut, le matériel «m» peut être connecté à un dispositif de protection séparé. Cette condition particulière d'utilisation du matériel doit être indiquée par le marquage «X» en accord avec le point i) de 29.2 de la CEI 60079-0.

Quand un dispositif de protection externe ou un circuit de protection est utilisé pour contrôler l'application correcte de la tension, du courant et de la puissance du matériel d'un niveau de protection «ma», la fonction du dispositif de protection externe ou du circuit de protection doit être équivalente à celle d'un dispositif ou circuit «ib» tel que défini dans la CEI 60079-11. Les niveaux autorisés de tension, courant et puissance doivent être déterminés par les caractéristiques thermiques du matériel encapsulé et non à partir des prescriptions pour la sécurité intrinsèque.

7.9.3 Dispositifs de protection thermique

Les prescriptions de 6.2 s'appliquent aux dispositifs de protection thermique. Les dispositifs de protection thermique doivent être utilisés pour protéger l'encapsulation contre toute détérioration provenant d'un échauffement local, par exemple de composants défectueux et/ou contre tout dépassement de la température de surface maximale admissible (classe de température).

7.9 Protective devices

7.9.1 General

Where the “m” apparatus is not able to withstand a single fault for level of protection “mb” or two faults for level of protection “ma” without exceeding the COT of the encapsulant, or the temperature class, then a protective device shall be provided either external to the apparatus or directly integrated into the apparatus.

The protective device shall be capable of interrupting the maximum fault current of the circuit in which it is installed. The rated voltage of the protective device shall at least correspond to the working voltage.

Where the encapsulation contains a cell or battery and a safety device is provided to prevent excessive overheating (see 7.8.6), the safety device can also be considered as a protective device, providing it also protects all other components inside the same encapsulation from exceeding the COT or temperature class.

7.9.2 Electrical protective devices

7.9.2.1 General

Fuses shall have a voltage rating not less than that of the circuit and shall have a breaking capacity not less than the fault current of the circuit.

Unless otherwise specified, a fuse shall be assumed to be capable of passing 1,7 x rated current continuously. The time-current characteristic of the fuse shall ensure that the COT of the encapsulant or the temperature class are not exceeded. The time-current characteristics of the fuses, in accordance with IEC 60127 or ANSI/UL 248-1, shall be stated by the manufacturer of the fuses.

NOTE In the case of electrical supply networks where the rated voltage does not exceed 250 V, the prospective short-circuit fault current is usually 1 500 A.

7.9.2.2 Protective devices that are connected to the “m” apparatus

Where the encapsulation is unable to withstand a single fault, the “m” apparatus may be connected to separate protective devices. To indicate this special condition of use, the apparatus shall be marked “X” in accordance with item i) of 29.2 of IEC 60079-0.

Where an external protective device or protective circuit is used to control the correct application of voltage, current and power to apparatus with level of protection “ma”, the performance of the external protective device or protective circuit shall be equivalent to that for an “ib” limiting device or circuit in accordance with IEC 60079-11. The permitted levels of voltage, current and power shall be determined by the thermal characteristics of the encapsulated apparatus and not by the requirements for the intrinsic safety.

7.9.3 Thermal protective devices

The requirements of 6.2 shall apply to thermal protective devices. Thermal protective devices shall be used to protect the encapsulation from damage caused by local heating, for example, by faulty components or from exceeding the maximum surface temperature (temperature class).

Seuls des dispositifs de protection thermiques non réenclenchables doivent être utilisés. Ces dispositifs ne peuvent pas être réenclenchés et ils provoquent l'ouverture permanente d'un circuit lorsqu'ils ont été exposés à une température supérieure à la température assignée pour une durée maximale donnée. Une connexion thermique appropriée doit être réalisée entre le composant surveillé et le dispositif de protection thermique. La capacité de commutation du dispositif doit être définie et elle ne doit pas être inférieure à la charge maximale possible du circuit.

NOTE Il est possible d'utiliser des dispositifs à réenclenchement pour des raisons fonctionnelles. Si ces dispositifs sont utilisés, il convient qu'ils fonctionnent à des températures inférieures à la température assignée du dispositif de protection thermique.

7.9.4 Dispositifs de protection incorporés

Les dispositifs de protection incorporés dans le matériel d'encapsulation «m» doivent être de type encapsulé, afin d'empêcher l'introduction de composé pendant le processus d'encapsulation.

L'adéquation du dispositif de protection à son utilisation prévue doit être confirmée par

- a) une déclaration du constructeur; ou
- b) par des essais d'échantillons.

NOTE Les dispositifs en verre, en plastique, en céramique ou scellés d'une autre manière sont réputés être scellés.

8 Essais de type

8.1 Essais du composé – essai d'absorption d'eau

L'essai doit être effectué uniquement sur des échantillons de(s) composé(s) destinés à être utilisés dans un environnement humide lors du fonctionnement du matériel électrique encapsulé.

Trois échantillons secs du ou des composés doivent être soumis à l'essai (voir ISO 62). Les échantillons doivent être des disques de diamètre de $50 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ et d'épaisseur de $3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$. Les échantillons doivent être pesés, puis plongés pendant 24 h dans de l'eau courante à une température de $23 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2 \text{ K}$. Ensuite, ils doivent être sortis de l'eau, séchés, puis repesés. L'augmentation de masse ne doit pas dépasser 1 %.

8.2 Essais du matériel

8.2.1 Séquence d'essai

La séquence d'essai et le nombre d'échantillons sont donnés dans l'Annexe B.

8.2.2 Température maximum

Un échantillon du matériel «m» doit être soumis à un essai de type pour assurer que

- les limites de température spécifiées en 6.1 ne sont pas dépassées en fonctionnement normal;
- la température de surface maximale n'est pas dépassée en conditions de défaut, comme défini à 7.2.1.

Only non-resettable thermal protective devices shall be used. These devices have no provision for being reset and open a circuit permanently after being exposed to a temperature higher than their operating temperature for a given maximum period. Adequate thermal connection shall be achieved between the monitored component and the thermal protective device. The switching capability of the device shall be defined and shall be not less than the maximum possible load of the circuit.

NOTE Resettable devices may be used for functional reasons. If these devices are used, they should operate at temperatures lower than the operating temperature of the thermal protective device.

7.9.4 Built-in protective devices

Protective devices integral with the “m” apparatus shall be of the enclosed type such that no compound can enter during the encapsulation process.

The suitability of the protective device for the intended purpose shall be confirmed either by

- a) a declaration by the manufacturer; or
- b) testing of samples.

NOTE Devices in glass, plastic, ceramic or otherwise sealed are regarded as enclosed types.

8 Type tests

8.1 Tests on the compound – water absorption test

The test shall be carried out only on samples of the compound(s) which are intended to be used in a moist environment during operation of the encapsulated electrical apparatus.

Three dry samples, see ISO 62, of the compound(s) shall be tested. The samples shall be circular with a diameter of $50 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ and a thickness of $3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$. The samples shall be weighed then immersed for 24 h in tap water, at a temperature of $23 \text{ }^{\circ}\text{C} \begin{smallmatrix} +2 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ K}$. They shall then be taken out of the water, wiped dry and weighed again. The increase in mass shall not exceed 1 %.

8.2 Tests on the apparatus

8.2.1 Test sequence

The test sequence and number of samples are given in Annex B.

8.2.2 Maximum temperature

A sample of “m” apparatus shall be subjected to a type test to ensure that

- the temperature limits specified in 6.1 are not exceeded in normal operation;
- the maximum surface temperature is not exceeded under fault conditions as defined in 7.2.1.

Dans le cas du matériel d'encapsulation «m» sans charge externe, l'essai doit être effectué conformément à 26.5.1 de la CEI 60079-0 en tenant compte des spécifications de l'alimentation indiquées en 4.5. Dans le cas du matériel d'encapsulation «m» avec charge externe, l'essai doit être effectué en ajustant le courant à la valeur la plus haute qui ne déclenche pas le fonctionnement du dispositif de protection.

La température finale est réputée être atteinte lorsque la vitesse d'augmentation de la température ne dépasse pas 2 K/h.

8.2.3 Essais d'endurance thermique

8.2.3.1 Endurance thermique à la chaleur

L'essai doit être effectué conformément à 26.8 de la CEI 60079-0.

La température à utiliser pour l'essai doit être

- a) la température de surface maximale de l'échantillon d'essai plus 20 K au moins, voir 8.2.2; ou
- b) la température maximale à la surface du composant dans le composé, voir 6.3.2, plus 20 K au moins.

Dans le cas a), l'échantillon d'essai doit être soumis aux essais d'endurance à la chaleur et de cycles thermiques (voir 8.2.3.3); dans le cas b), l'essai de cycles thermiques n'est pas requis.

8.2.3.2 Endurance thermique au froid

L'essai doit être effectué en accord avec 26.9 de la CEI 60079-0.

8.2.3.3 Essai de cycles thermiques

L'échantillon doit être muni d'un ou de plusieurs détecteurs de température placés aux endroits les plus chauds du composé. Si l'échantillon contient des enroulements, il est possible de mesurer la température par le changement de résistance électrique de ces enroulements.

NOTE La procédure d'essai suivante est également indiquée en tant que schéma à l'Annexe C.

L'essai doit commencer avec l'alimentation électrique de l'échantillon débranchée. L'échantillon doit être à une température de $21\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

L'échantillon doit ensuite être conditionné pendant une durée minimale de 1 h à

$$(T_{a\text{ max}} + 10)\text{ °C} \pm 2\text{ K},$$

où $T_{a\text{ max}}$ est la température ambiante maximale de service spécifiée, jusqu'à ce que la différence entre les températures interne et externe de l'échantillon soit inférieure à 2 K. L'échantillon doit alors être activé conformément aux spécifications de l'alimentation indiquées en 4.5, à une tension qui donne les conditions les plus défavorables, à moins que l'échantillon dispose d'un ou de plusieurs dispositifs de protection thermique interne. Dans ce cas, l'échantillon doit uniquement être activé par la tension qui produit un niveau de température à 2 K du seuil qui déclenche le fonctionnement du dispositif de protection thermique sans réenclenchement. Les dispositifs de protection interne peuvent être inactivés pour la réalisation de l'essai.

For “m” apparatus without an external load, the test shall be carried out in accordance with 26.5.1 of IEC 60079-0 taking into account the supply specification given in 4.5. For “m” apparatus with an external load, the test shall be carried out by adjusting the current to the highest value which does not cause the protective device to operate.

The final temperature shall be considered to be reached when the rate of rise does not exceed 2 K/h.

8.2.3 Thermal endurance test

8.2.3.1 Thermal endurance to heat

The test shall be carried out in accordance with 26.8 of IEC 60079-0.

The temperature to be used for the test shall be either

- a) the maximum surface temperature of the test sample plus at least 20 K, see 8.2.2; or
- b) the maximum temperature at the component surface in the compound, see 6.3.2, plus at least 20 K.

If a) is used, then the test sample shall be subjected to the endurance to heat and thermal cycling tests, see 8.2.3.3; in the case of b) the thermal cycling test is not required.

8.2.3.2 Thermal endurance to cold

The test shall be carried out in accordance with 26.9 of IEC 60079-0.

8.2.3.3 Thermal cycling test

The sample shall be fitted with one or more temperature sensors placed in the compound at the hottest places. If the sample contains windings, the temperature may be measured by the change of electrical resistance of these windings.

NOTE The following test procedure is also shown as a diagram in Annex C.

The test shall be started with the electrical power to the sample switched off. The sample shall be at a temperature of $21\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$.

The sample shall then be conditioned for a minimum duration of 1 h at

$$(T_{a\text{ max}} + 10)\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K},$$

where $T_{a\text{ max}}$ is the specified maximum ambient temperature in service, until the difference between the inside and outside temperatures of the sample is less than 2 K. The sample shall then be energized according to the supply specifications of 4.5, at a voltage which gives the most unfavourable condition unless the sample has one or more internal thermal protective devices. In this case, the sample shall be energized so as to produce a temperature at the non-resettable thermal protective device within 2 K of the highest trip temperature of the device. Internal protective devices may be bridged for test purposes.

Le changement de température interne doit être observé jusqu'à ce qu'une distribution stable de température soit atteinte, c'est-à-dire jusqu'à ce que le gradient de la température interne soit inférieur à 2 K/h.

La température interne ne doit pas dépasser la température de fonctionnement continue spécifiée du composé.

L'échantillon doit être désactivé, retiré de l'environnement ($T_{a \max} + 10$) °C et pouvoir se refroidir jusqu'à $21 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$. L'échantillon doit alors être conditionné pendant une durée minimale de 30 min à ($T_{a \min} - 5$) °C $\pm 2 \text{ K}$, où $T_{a \min}$ est la température ambiante minimale, jusqu'à ce que la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur de l'échantillon soit inférieure à 2 K.

L'échantillon doit alors être activé conformément aux spécifications de l'alimentation indiquées en 4.5, à une tension qui donne la condition la plus défavorable du matériel électrique.

Le changement de température interne doit être observé jusqu'à ce qu'une distribution stable de température soit atteinte, c'est-à-dire jusqu'à ce que le gradient de la température interne soit inférieur à 2 K/h.

L'échantillon doit alors être désactivé et pouvoir se refroidir jusqu'à ($T_{a \min} - 5$) °C $\pm 2 \text{ K}$. La durée de refroidissement minimale doit être de 30 min, à moins que le critère de différence de température de 2 K n'exige une durée plus longue.

L'alimentation doit être reconnectée et le cycle d'activation et de désactivation doit être répété. Au total, trois cycles complets doivent être effectués avant que l'échantillon puisse être retiré de l'environnement ($T_{a \min} - 5$) °C et qu'il puisse revenir à la température ambiante.

8.2.3.4 Critères d'acceptation

Après chaque essai, l'échantillon doit être soumis à une inspection visuelle. Aucune détérioration susceptible de dégrader le type de protection, telle que fissures dans le composé, exposition de composants encapsulés, détérioration de l'adhérence, rétreint inacceptable, décoloration, boursouffure, décomposition ou ramollissement, ne doit être visible. Une décoloration de la surface du composé est tolérée (par exemple oxydation dans le cas de résine époxy).

En outre, la fonction de tout dispositif de protection électrique dont la sécurité dépend doit être vérifiée comme étant assurée dans ses paramètres établis.

8.2.4 Essai de rigidité diélectrique

8.2.4.1 Procédure d'essai

L'essai doit être effectué sur une des dispositions suivantes des circuits:

- a) entre des circuits isolés galvaniquement accessibles de l'extérieur;
- b) entre chaque circuit accessible de l'extérieur et toutes les pièces à la terre;
- c) entre chaque circuit accessible de l'extérieur et la surface du composé ou de l'enveloppe en plastique pouvant, le cas échéant, être revêtue de feuille conductrice.

Dans le cas de la disposition a), la tension U à utiliser doit être la somme des tensions assignées des deux circuits en essai, et, pour les dispositions b) et c), il doit s'agir de la tension assignée du circuit en essai.