

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60079-11

Quatrième édition
Fourth edition
1999-02

**Matériel électrique pour atmosphères
explosives gazeuses –**

**Partie 11:
Sécurité intrinsèque «i»**

**Electrical apparatus for explosive gas
atmospheres –**

**Part 11:
Intrinsic safety "i"**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60079-11:1999

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications 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.

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

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

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the 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 to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60079-11

Quatrième édition
Fourth edition
1999-02

**Matériel électrique pour atmosphères
explosives gazeuses –**

**Partie 11:
Sécurité intrinsèque «i»**

**Electrical apparatus for explosive gas
atmospheres –**

**Part 11:
Intrinsic safety "i"**

© IEC 1999 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

e-mail: inmail@iec.ch

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
IEC web site <http://www.iec.ch>



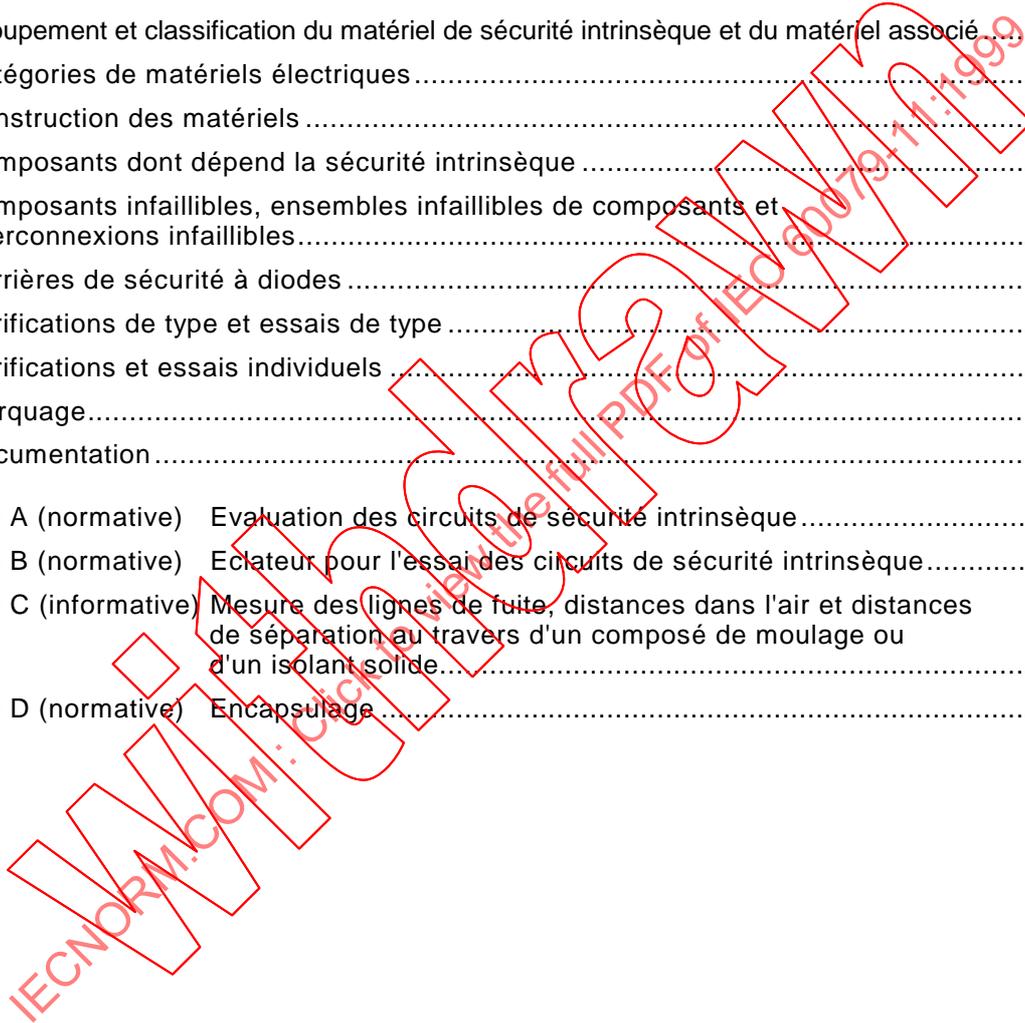
Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE XD

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application	6
2 Références normatives.....	8
3 Définitions.....	10
4 Groupement et classification du matériel de sécurité intrinsèque et du matériel associé.....	18
5 Catégories de matériels électriques.....	18
6 Construction des matériels.....	22
7 Composants dont dépend la sécurité intrinsèque.....	58
8 Composants infaillibles, ensembles infaillibles de composants et interconnexions infaillibles.....	70
9 Barrières de sécurité à diodes.....	82
10 Vérifications de type et essais de type.....	84
11 Vérifications et essais individuels.....	102
12 Marquage.....	104
13 Documentation.....	108
Annexe A (normative) Evaluation des circuits de sécurité intrinsèque.....	110
Annexe B (normative) Eclateur pour l'essai des circuits de sécurité intrinsèque.....	154
Annexe C (informative) Mesure des lignes de fuite, distances dans l'air et distances de séparation au travers d'un composé de moulage ou d'un isolant solide.....	172
Annexe D (normative) Encapsulage.....	178



CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope	7
2 Normative references	9
3 Definitions	11
4 Grouping and classification of intrinsically safe apparatus and associated apparatus	19
5 Categories of electrical apparatus	19
6 Apparatus construction	23
7 Components on which intrinsic safety depends	59
8 Infallible components, infallible assemblies of components and infallible connections	71
9 Diode safety barriers	83
10 Type verifications and type tests	85
11 Routine verifications and tests	103
12 Marking	105
13 Documentation	109
Annex A (normative) Assessment of intrinsically safe circuits	111
Annex B (normative) Spark test apparatus for intrinsically safe circuits	155
Annex C (informative) Measurement of creepage distances, clearances and separation distances through casting compound and through solid insulation ..	173
Annex D (normative) Encapsulation	179

IECNORM.COM: Click to buy the full PDF of IEC 60079-11:1999

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MATÉRIEL ÉLECTRIQUE POUR ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES GAZEUSES –
Partie 11: Sécurité intrinsèque «i»**

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60079-11 a été établie par le sous-comité 31G: Matériels à sécurité intrinsèque, du comité d'études 31 de la CEI: Matériel électrique pour atmosphères explosives.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition publiée en 1991 et constitue une révision technique.

L'annexe B contient des détails de l'éclateur pour l'essai des circuits de sécurité intrinsèque et remplace la CEI 60079-3, 1990.

La présente Norme internationale doit être lue conjointement avec la troisième édition de la CEI 60079-0:1998, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 0: Règles générales*.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
31G/65/FDIS	31G/68/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.

Les annexes A, B et D font partie intégrante de cette norme.

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL APPARATUS FOR EXPLOSIVE GAS ATMOSPHERES –
Part 11: Intrinsic safety "i"**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60079-11 has been prepared by subcommittee 31G: Intrinsically safe apparatus, of IEC technical committee 31: Electrical apparatus for explosive atmospheres.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 1991 and constitutes a technical revision.

Annex B contains details of the spark test apparatus for intrinsically safe circuits and replaces IEC 60079-3, 1990.

This International Standard is to be read in conjunction with the third edition of IEC 60079-0:1998, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 0: General requirements*.

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

FDIS	Report on voting
31G/65/FDIS	31G/68/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.

Annexes A, B and D form an integral part of this standard.

Annex C is for information only.

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE POUR ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES GAZEUSES – Partie 11: Sécurité intrinsèque «i»

1 Domaine d'application

1.1 La présente partie de la CEI 60079 contient les règles spécifiques de construction et d'essais pour le matériel électrique à sécurité intrinsèque, destiné à être utilisé dans les atmosphères explosives, et pour le matériel électrique associé, qui est prévu pour être relié à des circuits de sécurité intrinsèque qui entrent dans de telles atmosphères. Elle contient également des détails de l'appareil d'essai publié initialement dans la CEI 60079-3.

1.2 La présente norme complète la CEI 60079-0:1998 dont les prescriptions, à l'exception de celles qui sont indiquées dans la liste suivante, s'appliquent au matériel électrique à sécurité intrinsèque et au matériel électrique associé.

Si un matériel associé est protégé par un mode de protection cité dans la CEI 60079-0, les prescriptions de ce mode de protection ainsi que les parties applicables de la CEI 60079-0 s'appliquent aussi au matériel associé. La liste suivante d'exclusions est directement applicable au matériel associé prévu pour être utilisé dans des cas où il n'y a pas d'atmosphère potentiellement explosive. Dans d'autres circonstances, il convient d'utiliser cette liste en conjugaison avec les prescriptions des autres méthodes de protection.

Article de la CEI 60079-0:1998		Article ou paragraphe exclu	
		Matériel à sécurité intrinsèque	Matériel associé
3.1	Matériel électrique	Oui	Oui
4.2.2	Marquage de la température maximale de surface	Non	Oui
5.1	Température maximale de surface	Non	Oui
5.3	Température de surface et température d'inflammation	Non	Oui
6.2	Délai d'ouverture de l'enveloppe	Oui	Oui
7.1.1	Définition des matières plastiques	Non	Oui
7.1.2	Exigences pour les matières plastiques	Oui	Oui
7.1.3	Vérifications de la conformité des matières plastiques	Non	Oui
7.2	Endurance thermique	Oui	Oui
7.3	Charges électrostatiques des enveloppes en matière plastique	Non	Oui
7.3.1	Matériels électriques du Groupe I (notes 1 et 2 seulement)	Oui	Oui
7.3.2	Matériels électriques du Groupe II (notes 1 et 2 seulement)	Oui	Oui
7.4	Trous taraudés dans les plastiques	Oui	Oui
8.1	Enveloppes contenant des métaux légers	Non	Oui
8.2	Trous taraudés dans les alliages légers	Oui	Oui
9	Fermetures	Oui	Oui
10	Dispositifs de verrouillage	Oui	Oui
11	Traversées	Oui	Oui
12	Matériaux utilisés pour les scellements	Oui	Oui
14	Éléments de raccordement et logements de raccordement	Oui	Oui

ELECTRICAL APPARATUS FOR EXPLOSIVE GAS ATMOSPHERES – Part 11: Intrinsic safety "i"

1 Scope

1.1 This part of IEC 60079 specifies the construction and testing of intrinsically safe apparatus, intended for use in potentially explosive atmospheres and for associated apparatus, which is intended for connection to intrinsically safe circuits which enter such atmospheres. It also contains details of the test apparatus previously published as IEC 60079-3.

1.2 This standard supplements IEC 60079-0:1998, the requirements of which apply to intrinsically safe apparatus and to associated apparatus except as indicated in the following list.

If associated apparatus is protected by a type of protection listed in IEC 60079-0 then the requirements of that method of protection together with the relevant parts of IEC 60079-0 also apply to the associated apparatus. The list of exclusions which follows is directly applicable to associated apparatus intended for use in situations where there is no potentially explosive atmosphere and in other circumstances should be used in combination with the requirements of the other methods of protection.

Clause of IEC 60079-0:1998		Clause or subclause excluded	
		Intrinsically safe apparatus	Associated apparatus
3.1	Electrical apparatus	Yes	Yes
4.2.2	Marking of maximum surface temperature	No	Yes
5.1	Maximum surface temperature	No	Yes
5.3	Surface temperature and ignition temperature	No	Yes
6.2	Enclosure opening delay	Yes	Yes
7.1.1	Definition of plastics material	No	Yes
7.1.2	Requirement of plastics material	Yes	Yes
7.1.3	Verification of plastics material compliance	No	Yes
7.2	Thermal endurance	Yes	Yes
7.3	Electrostatic charges on plastics enclosures	No	Yes
7.3.1	Electrical apparatus of Group I (notes 1 and 2 only)	Yes	Yes
7.3.2	Electrical apparatus of Group II (notes 1 and 2 only)	Yes	Yes
7.4	Threaded holes in plastics	Yes	Yes
8.1	Light metal enclosure materials	No	Yes
8.2	Threaded holes in light metals	Yes	Yes
9	Fasteners	Yes	Yes
10	Interlocking devices	Yes	Yes
11	Bushings	Yes	Yes
12	Materials used for cementing	Yes	Yes
14	Connection facilities and terminal compartments	Yes	Yes

Article de la CEI 60079-0:1998		Article ou paragraphe exclu	
		Matériel à sécurité intrinsèque	Matériel associé
15	Eléments de raccordement des conducteurs de protection ou de liaison équipotentielle des masses	Oui	Oui
16	Entrées de câbles et entrées de conduits	Oui	Oui
17 à 22	Prescriptions supplémentaires pour certains matériels électriques	Oui	Oui
23.4.3.1	Essai de tenue aux chocs	Oui	Oui
23.4.3.2	Essai de tenue aux chutes (pas d'essai de choc préliminaire nécessaire)	Non	Oui
23.4.3.3	Résultats à obtenir	Non	Oui
23.4.5	Essai de couple sur traversées	Oui	Oui
23.4.6.1	Mesures des températures	Non	Oui
23.4.6.2	Essai de choc thermique	Oui	Oui
23.4.7.1 à 23.4.7.7	Essais des enveloppes non métalliques	Oui	Oui
23.4.7.8	Vérification de la résistance d'isolement des parties d'enveloppes en matière plastique	Non	Oui
27.7	Exemples de marquages	Oui	Oui
Annexe B	Entrées de câbles Ex	Oui	Oui

1.3 La présente norme s'applique aux matériels électriques dont les circuits sont en eux-mêmes incapables de provoquer l'explosion de l'atmosphère environnante.

1.4 La présente norme s'applique également aux matériels électriques ou aux parties de matériels électriques situés hors de l'atmosphère potentiellement explosive ou protégés par un autre mode de protection cité dans la CEI 60079-0, lorsque la sécurité intrinsèque des circuits électriques situés dans l'atmosphère explosive peut dépendre de la conception et de la construction de ces matériels électriques ou de ces parties de matériels électriques. Les circuits électriques exposés à une atmosphère potentiellement explosive sont évalués pour ce qui est de leur emploi dans une telle atmosphère en appliquant la présente norme.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60079. Au moment de sa publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60079 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60079-0:1998, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 0: Règles générales*

CEI 60079-7:1990, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 7: Sécurité augmentée «e»*

CEI 60085:1984, *Evaluation et classification thermique de l'isolation électrique*

CEI 60112:1979, *Méthode pour déterminer les indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides dans des conditions humides*

Clause of IEC 60079-0:1998		Clause or subclause excluded	
		Intrinsically safe apparatus	Associated apparatus
15	Connection facilities for earthing or bonding conductors	Yes	Yes
16	Cable and conduit entries	Yes	Yes
17 to 22	Supplementary requirements for certain electrical apparatus	Yes	Yes
23.4.3.1	Test for resistance to impact	Yes	Yes
23.4.3.2	Drop test (no prior impact test necessary)	No	Yes
23.4.3.3	Required results	No	Yes
23.4.5	Torque test for bushings	Yes	Yes
23.4.6.1	Temperature measurement	No	Yes
23.4.6.2	Thermal shock test	Yes	Yes
23.4.7.1 to 23.4.7.7	Tests on non-metallic enclosures	Yes	Yes
23.4.7.8	Insulation resistance test of parts of enclosures of plastics materials	No	Yes
27.7	Examples of marking	Yes	Yes
Annex B	Ex cable entries	Yes	Yes

1.3 This standard is applicable to electrical apparatus in which the electrical circuits themselves are incapable of causing an explosion in the surrounding explosive atmospheres.

1.4 This standard is also applicable to electrical apparatus or parts of electrical apparatus located outside the potentially explosive atmosphere or protected by another type of protection listed in IEC 60079-0, where the intrinsic safety of the electrical circuits in the potentially explosive atmosphere may depend upon the design and construction of such electrical apparatus or parts of such electrical apparatus. The electrical circuits exposed to the potentially explosive atmosphere are evaluated for use in such an atmosphere by applying this standard.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60079. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 60079 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60079-0:1998, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 0: General requirements*

IEC 60079-7:1990, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 7: Increased safety "e"*

IEC 60085:1984, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*

IEC 60112:1979, *Method for determining the comparative and the proof tracking indices of solid insulating materials under moist conditions*

CEI 60127-1:1988, *Coupe-circuit miniatures – Partie 1: Définitions pour coupe-circuit miniatures et prescriptions générales pour éléments de remplacement miniatures*

CEI 60127-2:1989, *Coupe-circuits miniatures – Partie 2: Cartouches*

CEI 60127-3:1988, *Coupe-circuit miniatures – Partie 3: Eléments de remplacement subminiatures*

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60079, les définitions de la CEI 60079-0 ainsi que les définitions suivantes s'appliquent:

3.1

circuit de sécurité intrinsèque

circuit dans lequel aucune étincelle ni aucun effet thermique, produit dans les conditions prescrites par la présente norme, qui incluent le fonctionnement normal et les conditions de défaut spécifiées, n'est capable de provoquer l'inflammation d'une atmosphère explosive gazeuse donnée

3.2

matériel électrique

ensemble de composants, circuits électriques ou parties de circuits électriques contenus normalement dans une enveloppe unique

NOTE 1 – Le terme «normalement» a été introduit pour indiquer qu'un matériel électrique peut parfois être réalisé dans plusieurs enveloppes, par exemple un appareil téléphonique ou un récepteur radiophonique portatif avec un microphone à main.

NOTE 2 – Cette définition est plus précise que celle qui figure dans la CEI 60079-0.

3.3

matériel électrique de sécurité intrinsèque

matériel électrique dans lequel tous les circuits sont des circuits de sécurité intrinsèque

3.4

matériel électrique associé

matériel électrique qui contient à la fois des circuits de sécurité intrinsèque et des circuits non de sécurité intrinsèque, et qui est réalisé de sorte que les circuits non de sécurité intrinsèque ne puissent affecter les circuits de sécurité intrinsèque

NOTE – Le matériel associé peut être

- a) soit un matériel électrique qui a un autre mode de protection cité dans la CEI 60079-0 pour utilisation dans l'atmosphère explosive concernée,
- b) soit un matériel électrique non ainsi protégé et qui, en conséquence, ne doit pas être utilisé en atmosphère explosive, par exemple un enregistreur qui n'est pas situé lui-même en atmosphère explosive gazeuse, mais qui est raccordé à un thermocouple situé en atmosphère explosive lorsque seul le circuit d'entrée de l'enregistreur est de sécurité intrinsèque.

3.5

fonctionnement normal

fonctionnement d'un matériel de sécurité intrinsèque ou d'un matériel électrique associé tel qu'il est électriquement et mécaniquement conforme aux spécifications de conception définies par son constructeur

IEC 60127-1:1988, *Miniature fuses – Part 1: Definitions for miniature fuses and general requirements for miniature fuse-links*

IEC 60127-2:1989, *Miniature fuses – Part 2: Cartridge fuse-links*

IEC 60127-3:1988, *Miniature fuses – Part 3: Sub-miniature fuse-links*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 60079, the definitions in IEC 60079-0 and the following definitions apply:

3.1

intrinsically safe circuit

circuit in which any spark or any thermal effect produced in the conditions specified in this standard, which include normal operation and specified fault conditions, is not capable of causing ignition of a given explosive gas atmosphere

3.2

electrical apparatus

assembly of electrical components, electrical circuits or parts of electrical circuits normally contained in a single enclosure

NOTE 1 – The term "normally" has been introduced to indicate that an apparatus may occasionally be in more than one enclosure, for example, a telephone or a radio transceiver with a hand microphone.

NOTE 2 – This definition is more precise than that contained in IEC 60079-0.

3.3

intrinsically safe apparatus

electrical apparatus in which all the circuits are intrinsically safe circuits

3.4

associated apparatus

electrical apparatus which contains both intrinsically safe circuits and non-intrinsically safe circuits and is constructed so that the non-intrinsically safe circuits cannot adversely affect the intrinsically safe circuits

NOTE – Associated apparatus may be either

a) electrical apparatus which has another type of protection listed in IEC 60079-0 for use in the appropriate explosive gas atmosphere, or

b) electrical apparatus not so protected and which, therefore, shall not be used within an explosive gas atmosphere, for example a recorder which is not itself in an explosive gas atmosphere, but is connected to a thermocouple situated within an explosive atmosphere where only the recorder input circuit is intrinsically safe.

3.5

normal operation

operation of intrinsically safe apparatus or associated apparatus such that it conforms electrically and mechanically with the design specification produced by its manufacturer

3.6

défaut

toute défectuosité de tout composant, séparation, isolation ou connexion entre composants, non définis comme infaillibles par la présente norme, dont dépend la sécurité intrinsèque d'un circuit

3.7

défaut pris en compte

défaut qui se produit dans les parties de matériels électriques répondant aux règles de construction de la présente norme

3.8

défaut non pris en compte

défaut qui se produit dans les parties de matériels électriques ne répondant pas aux règles de construction de la présente norme

3.9

composant infaillible ou ensemble infaillible de composants

composant ou ensemble de composants qui est considéré comme non sujet à certains modes de défaillance définis dans la présente norme

La probabilité que de tels modes de défaillance se produisent en service ou en stockage est considérée comme étant si faible qu'ils n'ont pas à être pris en compte.

3.10

séparation ou isolation infaillible

séparation ou isolation entre parties conductrices qui est considérée comme non sujette aux courts-circuits

La probabilité que de tels modes de défaillance se produisent en service ou en stockage est considérée comme étant si faible qu'ils n'ont pas à être pris en compte.

3.11

matériel simple

composant électrique ou ensemble de composants de construction simple ayant des paramètres électriques bien définis et qui est compatible avec la sécurité intrinsèque du circuit dans lequel il est utilisé

3.12

câblage interne

câblage et interconnexions électriques qui sont réalisés à l'intérieur du matériel par le constructeur

3.13

courant minimal d'inflammation (CMI)

courant minimal dans un circuit résistif ou inductif qui provoque l'inflammation du mélange d'essai explosif dans l'éclateur d'essai conforme à l'annexe B

3.14

tension minimale d'inflammation

tension minimale d'un circuit capacitif qui provoque l'inflammation du mélange d'essai explosif dans l'éclateur d'essai conforme à l'annexe B

3.15

tension maximale alternative efficace ou continue (U_m)

tension maximale qui peut être appliquée aux bornes non de sécurité intrinsèque du matériel associé, sans annuler la sécurité intrinsèque

NOTE – La valeur de U_m peut être différente pour des ensembles d'organes de raccordement différents et pour des tensions alternatives et continues.

3.6**fault**

any defect of any component, separation, insulation or connection between components, not defined as infallible by this standard, upon which the intrinsic safety of a circuit depends

3.7**countable fault**

fault which occurs in parts of electrical apparatus conforming to the constructional requirements of this standard

3.8**non-countable fault**

fault which occurs in parts of electrical apparatus not conforming to the constructional requirements of this standard

3.9**infallible component or infallible assembly of components**

component or assembly of components that is considered as not subject to certain fault modes as specified in this standard

The probability of such fault modes occurring in service or storage is considered to be so low that they are not to be taken into account.

3.10**infallible separation or insulation**

separation or insulation between electrically conductive parts that is considered as not subject to short circuits

The probability of such fault modes occurring in service or storage is considered to be so low that they are not to be taken into account.

3.11**simple apparatus**

electrical component or combination of components of simple construction with well-defined electrical parameters which is compatible with the intrinsic safety of the circuit in which it is used

3.12**internal wiring**

wiring and electrical connections that are made within the apparatus by its manufacturer

3.13**minimum igniting current (MIC)**

minimum current in resistive or inductive circuits that causes the ignition of the explosive test mixture in the spark-test apparatus according to annex B

3.14**minimum igniting voltage**

minimum voltage of capacitive circuits that causes the ignition of the explosive test mixture in the spark test apparatus described in annex B

3.15**maximum r.m.s. a.c. or d.c. voltage (U_m)**

maximum voltage that can be applied to the non-intrinsically safe connection facilities of associated apparatus without invalidating intrinsic safety

NOTE – The value of U_m may be different at different sets of connection facilities, and may be different for a.c. and d.c. voltages.

3.16

tension d'entrée maximale (U_i)

tension maximale (valeur de crête en courant alternatif ou valeur en courant continu) qui peut être appliquée aux bornes d'entrée du matériel de sécurité intrinsèque sans annuler la sécurité intrinsèque

3.17

tension de sortie maximale (U_o)

tension maximale (valeur de crête en courant alternatif ou valeur en courant continu) dans un circuit de sécurité intrinsèque, qui peut apparaître en circuit ouvert aux bornes du matériel pour toute tension appliquée, jusqu'à la tension maximale, y compris U_m et U_i

NOTE – Lorsqu'il y a plusieurs tensions appliquées, la tension maximale de sortie est celle apparaissant pour la combinaison la plus défavorable des tensions appliquées.

3.18

courant maximal d'entrée (I_i)

courant maximal (valeur de crête en courant alternatif ou valeur en courant continu) qui peut être appliqué aux bornes des circuits de sécurité intrinsèque sans annuler la sécurité intrinsèque

3.19

courant maximal de sortie (I_o)

courant maximal (valeur de crête en courant alternatif ou valeur en courant continu), dans un circuit de sécurité intrinsèque, qui peut être extrait des bornes du matériel

3.20

puissance maximale d'entrée (P_i)

puissance maximale, à l'entrée d'un circuit de sécurité intrinsèque, qui peut être dissipée à l'intérieur d'un matériel lorsque celui-ci est connecté à une source externe, sans annuler la sécurité intrinsèque

3.21

puissance maximale de sortie (P_o)

puissance maximale, dans un circuit de sécurité intrinsèque, qui peut être prélevée sur le matériel

3.22

capacité externe maximale (C_o)

capacité maximale d'un circuit de sécurité intrinsèque qui peut être reliée aux bornes du matériel sans annuler la sécurité intrinsèque

3.23

capacité interne maximale (C_i)

capacité équivalente interne totale du matériel qui est considérée comme apparaissant aux bornes du matériel

3.24

inductance externe maximale (L_o)

valeur maximale de l'inductance, dans un circuit de sécurité intrinsèque, qui peut être reliée aux bornes du matériel sans annuler la sécurité intrinsèque.

3.25

inductance interne maximale (L_i)

Inductance équivalente interne totale du matériel qui est considérée comme apparaissant aux bornes du matériel

3.16**maximum input voltage (U_i)**

maximum voltage (peak a.c. or d.c.) that can be applied to the connection facilities for intrinsically safe circuits without invalidating intrinsic safety

3.17**maximum output voltage (U_o)**

maximum output voltage (peak a.c. or d.c.) in an intrinsically safe circuit that can appear under open circuit conditions at the connection facilities of the apparatus at any applied voltage up to the maximum voltage, including U_m and U_i

NOTE – Where there is more than one applied voltage, the maximum output voltage is that occurring under the most onerous combination of applied voltages.

3.18**maximum input current (I_i)**

maximum current (peak a.c. or d.c.) that can be applied to the connection facilities for intrinsically safe circuits without invalidating intrinsic safety

3.19**maximum output current (I_o)**

maximum current (peak a.c. or d.c.) in an intrinsically safe circuit that can be taken from the connection facilities of the apparatus

3.20**maximum input power (P_i)**

maximum input power in an intrinsically safe circuit that can be dissipated within an apparatus when it is connected to an external source without invalidating intrinsic safety

3.21**maximum output power (P_o)**

maximum electrical power in an intrinsically safe circuit that can be taken from the apparatus

3.22**maximum external capacitance (C_o)**

maximum capacitance in an intrinsically safe circuit that can be connected to the connection facilities of the apparatus without invalidating intrinsic safety

3.23**maximum internal capacitance (C_i)**

total equivalent internal capacitance of the apparatus which is considered as appearing across the connection facilities of the apparatus

3.24**maximum external inductance (L_o)**

maximum value of inductance in an intrinsically safe circuit that can be connected to the connection facilities of the apparatus without invalidating intrinsic safety

3.25**maximum internal inductance (L_i)**

total equivalent internal inductance of the apparatus which is considered as appearing at the connection facilities of the apparatus

3.26

rapport externe maximal de l'inductance à la résistance (L_o/R_o)

rapport de l'inductance (L_o) à la résistance (R_o) de tout circuit externe pouvant être relié aux bornes du matériel électrique sans annuler la sécurité intrinsèque

3.27

rapport interne maximal de l'inductance à la résistance (L_i/R_i)

rapport de l'inductance (L_i) à la résistance (R_i) qui est considéré comme apparaissant aux bornes externes de raccordement du matériel électrique

3.28

distance dans l'air

plus courte distance dans l'air entre deux parties conductrices

NOTE – Cette distance s'applique seulement aux parties exposées à l'atmosphère et non aux parties isolées ou recouvertes par un composé de moulage.

3.29

distance au travers d'un composé de moulage

plus courte distance au travers d'un composé de moulage entre deux parties conductrices

3.30

distance au travers d'une isolation solide

plus courte distance au travers d'un isolant solide entre deux parties conductrices

3.31

ligne de fuite dans l'air

plus courte distance le long de la surface d'un élément isolant en contact avec l'air entre deux parties conductrices

3.32

ligne de fuite sous le revêtement

Plus courte distance entre parties conductrices le long de la surface d'un élément isolant recouvert par un revêtement isolant.

3.33

courant assigné d'un coupe circuit à fusibles (I_n)

courant assigné d'un fusible selon la CEI 60127 ou selon les spécifications du fabricant du fusible

3.34

pile ou accumulateur scellé et étanche au gaz

pile ou accumulateur qui reste fermé et ne dégage ni gaz ni liquide lorsqu'il est utilisé dans les limites de charge ou de température spécifiées par le constructeur

NOTE – De tels piles et accumulateurs peuvent être équipés d'un dispositif de sécurité pour empêcher une pression interne dangereuse. La pile ou l'accumulateur n'exige pas de supplément d'électrolyte et est conçu pour fonctionner toute sa vie dans son état scellé d'origine.

3.35

pile ou accumulateur scellé et régulé par soupape

pile ou accumulateur qui reste fermé dans les conditions normales, mais qui a un dispositif qui permet la fuite de gaz si la pression interne excède une valeur déterminée. La pile ou l'accumulateur ne peut pas normalement recevoir un supplément d'électrolyte

3.26**maximum external inductance to resistance ratio (L_o/R_o)**

maximum value of ratio of inductance (L_o) to resistance (R_o) of any external circuit that can be connected to the connection facilities of the electrical apparatus without invalidating intrinsic safety

3.27**maximum internal inductance to resistance ratio (L_i/R_i)**

maximum value of ratio of inductance (L_i) to resistance (R_i) which is considered as appearing at the external connection facilities of the electrical apparatus

3.28**clearance**

shortest distance in air between two conductive parts

NOTE – This distance applies only to parts that are exposed to the atmosphere and not to parts which are insulated parts or covered with casting compound.

3.29**distance through casting compound**

shortest distance through a casting compound between two conductive parts

3.30**distance through solid insulation**

shortest distance through solid insulation between two conductive parts

3.31**creepage distance in air**

shortest distance along the surface of an insulating medium in contact with air between two conductive parts

3.32**creepage distance under coating**

shortest distance between conductive parts along the surface of an insulating medium covered with insulating coating

3.33**fuse rating (I_n)**

current rating of a fuse according to IEC 60127 or to its manufacturer's specification

3.34**sealed gas tight cell or battery**

cell or battery which remains closed and does not release either gas or liquid when operated within the limits of charge or temperature specified by the manufacturer

NOTE – Such cells and batteries may be equipped with a safety device to prevent dangerously high internal pressure. The cell or battery does not require addition to the electrolyte and is designed to operate during its life in its original sealed state.

3.35**sealed valve-regulated cell or battery**

cell or battery which is closed under normal conditions but which has an arrangement which allows the escape of gas if the internal pressure exceeds a predetermined value. The cell or battery cannot normally receive an addition to the electrolyte

3.36

barrière de sécurité à diodes

assemblage incorporant en shunt des diodes ou des chaînes de diodes (diodes Zener comprises) protégées par des coupe-circuits à fusibles ou des résistances ou une combinaison de ceux-ci, fabriqué en tant que matériel individuel plutôt que comme partie d'un matériel plus grand

4 Groupement et classification du matériel de sécurité intrinsèque et du matériel associé

Le matériel de sécurité intrinsèque et le matériel associé doivent être groupés et classés selon les articles 4 et 5 de la CEI 60079-0:1998.

5 Catégories de matériels électriques

5.1 Généralités

Le matériel de sécurité intrinsèque et les parties de sécurité intrinsèque du matériel associé doivent être répartis dans l'une des deux catégories «ia» ou «ib».

Les prescriptions de la présente norme doivent s'appliquer à ces deux catégories sauf indication contraire. Lors de la détermination de la catégorie «ia» ou «ib», les défaillances des composants et les connexions doivent être considérées selon 7.6.

NOTE –Le matériel peut être spécifié comme étant à la fois «ia» et «ib», et avoir des paramètres différents pour chaque catégorie.

5.2 Catégorie «ia»

U_m et U_i étant appliquées, les circuits de sécurité intrinsèque des matériels électriques de catégorie «ia» ne doivent pouvoir provoquer d'inflammation dans aucune des circonstances suivantes:

- a) en fonctionnement normal et en appliquant les défauts non pris en compte qui conduisent aux conditions les plus défavorables;
- b) en fonctionnement normal et en appliquant un défaut pris en compte et les défauts non pris en compte qui conduisent aux conditions les plus défavorables;
- c) en fonctionnement normal et en appliquant deux défauts pris en compte et les défauts non pris en compte qui conduisent aux conditions les plus défavorables.

Les défauts non pris en compte appliqués peuvent être différents dans chacun des cas ci-dessus.

Lors des essais d'inflammation par étincelles, les facteurs de sécurité suivants doivent être appliqués conformément à 10.4.2:

- pour a) ainsi que pour b) 1,5
- pour c) 1,0

Le coefficient de sécurité appliqué à la tension ou au courant pour la détermination de la classification en température de surface doit être de 1,0 dans tous les cas.

Si seulement un défaut pris en compte peut se produire, les prescriptions de b) sont considérées comme donnant la catégorie «ia» si les prescriptions d'essai pour «ia» peuvent être respectées. Si aucun défaut pris en compte ne peut se produire, les prescriptions de a) sont considérées comme donnant la catégorie «ia» si les prescriptions d'essai pour «ia» peuvent être respectées.

3.36

diode safety barrier

assemblies incorporating shunt diodes or diode chains (including Zener diodes) protected by fuses or resistors or a combination of these, manufactured as an individual apparatus rather than as part of a larger apparatus

4 Grouping and classification of intrinsically safe apparatus and associated apparatus

Intrinsically safe apparatus and associated apparatus shall be grouped and classified in accordance with clauses 4 and 5 of IEC 60079-0:1998.

5 Categories of electrical apparatus

5.1 General

Intrinsically safe apparatus and intrinsically safe parts of associated apparatus shall be placed in category "ia" or "ib".

The requirements of this standard shall apply to both categories unless otherwise stated. In the determination of category "ia" or "ib", failure of components and connections shall be considered in accordance with 7.6.

NOTE – Apparatus may be specified as both "ia" and "ib", and may have different parameters for each category.

5.2 Category "ia"

With U_m and U_i applied, the intrinsically safe circuits in electrical apparatus of category "ia" shall not be capable of causing ignition in each of the following circumstances:

- in normal operation and with the application of those non-countable faults which give the most onerous condition;
- in normal operation and with the application of one countable fault plus those non-countable faults which give the most onerous condition;
- in normal operation and with the application of two countable faults plus those non-countable faults which give the most onerous condition.

The non-countable faults applied may differ in each of the above circumstances.

In testing or assessing the circuits for spark ignition, the following safety factors shall be applied in accordance with 10.4.2:

- for both a) and b) 1,5
- for c) 1,0

The safety factor applied to voltage or current for determination of surface temperature classification shall be 1,0 in all cases.

If only one countable fault can occur, the requirements of b) are considered to give a category of "ia" if the test requirements for "ia" can then be satisfied. If no countable faults can occur the requirements of a) are considered to give a category of "ia" if the test requirements for "ia" can then be satisfied.

5.3 Catégorie «ib»

U_m et U_i étant appliquées, les circuits de sécurité intrinsèque des matériels électriques de catégorie «ib» ne doivent pouvoir causer d'inflammation dans aucune des circonstances suivantes:

- a) en fonctionnement normal et en appliquant les défauts non pris en compte qui conduisent aux conditions les plus défavorables;
- b) en fonctionnement normal et en appliquant un défaut pris en compte et les défauts non pris en compte qui conduisent aux conditions les plus défavorables.

Les défauts non pris en compte appliqués peuvent être différents dans chacun des cas ci-dessus.

Lors des essais d'inflammation par étincelles, un facteur de sécurité de 1,5 doit être appliqué conformément à 10.4.2. Le coefficient de sécurité appliqué à la tension ou au courant lors de la détermination de la classification en température de surface doit être de 1,0 dans tous les cas. Si aucun défaut pris en compte ne peut se produire, les prescriptions de a) sont considérées comme donnant la catégorie «ib» si les prescriptions d'essai pour «ib» peuvent être respectées.

NOTE – Des indications concernant l'évaluation des circuits de sécurité intrinsèque en ce qui concerne l'inflammation par étincelles sont données à l'annexe A. Les détails de l'éclateur d'essai sont fournis à l'annexe B.

5.4 Matériel simple

Les matériels suivants doivent être considérés comme étant des matériels simples:

- a) les composants passifs, par exemple les interrupteurs, les boîtes de jonction, les résistances et les dispositifs simples à semi-conducteur;
- b) les sources réserves d'énergie ayant des paramètres bien définis, par exemple les condensateurs ou les inductances, dont les valeurs doivent être prises en compte lors de la détermination de la sécurité globale du système;
- c) les sources génératrices d'énergie, par exemple les thermocouples et les cellules photo-électriques, qui ne délivrent pas plus de 1,5 V, 100 mA et 25 mW. Toute inductance ou capacité présente dans ces sources d'énergie doit être considérée comme en b).

Le matériel simple doit satisfaire à toutes les exigences applicables de la présente norme, mais n'a pas besoin d'être certifié ni de satisfaire à l'article 12. En particulier, les aspects suivants doivent toujours être considérés:

- 1) la sécurité du matériel simple ne doit pas être obtenue par inclusion de dispositifs de limitation de tension et/ou de courant, et/ou d'éléments d'annulation;
- 2) le matériel simple ne doit contenir aucun moyen d'augmentation de tension ou de courant, par exemple des circuits pour réaliser des sources auxiliaires de puissance;
- 3) lorsque le matériel simple doit conserver l'isolement par rapport à la terre du circuit de sécurité intrinsèque, il doit pouvoir supporter l'essai de tenue en tension par rapport à la terre spécifié en 6.4.12. Ses bornes doivent satisfaire aux prescriptions de 6.3.1;
- 4) les enveloppes non métalliques et les enveloppes contenant des métaux légers, placées en zone dangereuse doivent satisfaire aux prescriptions de 7.3 et 8.1 de la CEI 60079-0:1998;
- 5) lorsque le matériel simple est placé en zone dangereuse, il doit être classé en température. Lorsqu'ils sont employés dans un circuit de sécurité intrinsèque suivant leurs caractéristiques assignées et à la température ambiante maximale de 40 °C, on attribue aux interrupteurs, prises de courant et bornes le classement en température T6 pour les applications en Groupe II et on considère que la température maximale de surface est de 85 °C pour les applications en Groupe I. Les autres types de matériels simples doivent être classés en température comme spécifié dans les articles 4 et 6 de la présente norme.

5.3 Category "ib"

With U_m and U_i applied, the intrinsically safe circuits in electrical apparatus of category "ib" shall not be capable of causing ignition in each of the following circumstances:

- a) in normal operation and with the application of those non-countable faults which give the most onerous condition;
- b) in normal operation and with the application of one countable fault plus the application of those non-countable faults which give the most onerous condition.

The non-countable faults applied may differ in each of the above circumstances.

In testing or assessing the circuits for spark ignition, a safety factor of 1,5 shall be applied in accordance with 10.4.2. The safety factor applied to the voltage or current for the determination of surface temperature classification shall be 1,0 in all cases. If no countable fault can occur the requirements of a) are considered to give a category of "ib" if the test requirements for "ib" can be satisfied.

NOTE – Guidance on the assessment of intrinsically safe circuits for spark ignition is contained in annex A. Details of the spark test apparatus are given in annex B.

5.4 Simple apparatus

The following apparatus shall be considered to be simple apparatus:

- a) passive components, for example switches, junction boxes, resistors and simple semiconductor devices;
- b) sources of stored energy with well-defined parameters, for example capacitors or inductors, whose values shall be considered when determining the overall safety of the system;
- c) sources of generated energy, for example thermocouples and photocells, which do not generate more than 1,5 V, 100 mA and 25 mW. Any inductance or capacitance present in these sources of energy shall be considered as in b).

Simple apparatus shall conform to all relevant requirements of this standard but need not be certified and need not comply with clause 12. In particular, the following aspects shall always be considered:

- 1) simple apparatus shall not achieve safety by the inclusion of voltage and/or current-limiting and/or suppression devices;
- 2) simple apparatus shall not contain any means of increasing the available voltage or current, for example circuits for the generation of ancillary power supplies;
- 3) where it is necessary that the simple apparatus maintains the integrity of the isolation from earth of the intrinsically-safe circuit, it shall be capable of withstanding the test voltage to earth in accordance with 6.4.12. Its terminals shall conform to 6.3.1;
- 4) non-metallic enclosures and enclosures containing light metals when located in the hazardous area shall conform to 7.3 and 8.1 of IEC 60079-0:1998;
- 5) when simple apparatus is located in the hazardous area, it shall be temperature classified. When used in an intrinsically safe circuit within their normal rating and at a maximum ambient temperature of 40 °C, switches, plugs, sockets and terminals are allocated a T6 temperature classification for Group II applications and considered as having a maximum surface temperature of 85 °C for Group I applications. Other types of simple apparatus shall be temperature classified in accordance with clauses 4 and 6 of this standard.

Lorsqu'un matériel simple fait partie d'un matériel contenant d'autres circuits électriques, l'ensemble doit être certifié.

NOTE – Les détecteurs qui utilisent une réaction catalytique ou d'autres mécanismes électrochimiques ne sont pas normalement des matériels simples. Il convient de rechercher des conseils de spécialistes concernant leur application.

6 Construction des matériels

NOTE – Les prescriptions du présent article s'appliquent, sauf indication contraire spécifiée dans les paragraphes appropriés, seulement aux caractéristiques des matériels à sécurité intrinsèque et des matériels associés qui contribuent au mode de protection et elles s'ajoutent aux prescriptions générales de la CEI 60079-0 sauf celles exclues en 1.2.

Par exemple, les prescriptions pour l'encapsulation avec un composé de moulage ne s'appliquent que si l'encapsulation est nécessaire pour satisfaire à 6.4.4 ou 6.7.

6.1 Enveloppes

En principe, les matériels à sécurité intrinsèque et les matériels associés ne nécessitent pas d'enveloppe puisque le mode de protection est intégrée dans les circuits eux-mêmes. Cependant lorsque la sécurité intrinsèque peut être compromise du fait de l'accessibilité de parties conductrices, par exemple si les circuits comportent des lignes de fuite dans l'air infaillibles, une enveloppe d'indice de protection IP20 selon la CEI 60529 doit être prévue comme partie du matériel soumis aux essais.

Le degré de protection requis peut varier selon l'utilisation prévue, par exemple un degré de protection IP54 selon la CEI 60529 sera en général requis pour le matériel du Groupe I.

L'«enveloppe» peut ne pas être physiquement la même pour la protection contre le contact des parties sous tension et pour la protection contre l'entrée de corps étrangers solides ou de liquides.

La désignation des surfaces qui constituent les limites de l'enveloppe est de la responsabilité du fabricant et doit être enregistrée dans les documents définitifs (voir article 13).

6.2 Températures du câblage et des petits composants

6.2.1 Couches de poussière sur le matériel du Groupe I

Pour l'application de cet article, lorsqu'il est fait référence à T4 et au Groupe I, le matériel du Groupe I doit être un matériel dans lequel la poussière de charbon ne peut pas former une couche à l'emplacement du composant ou sur le composant considéré.

6.2.2 Câblage dans le matériel

Le courant maximal admissible correspondant à la température maximale de conducteur atteinte du fait de l'échauffement propre est soit tiré du tableau 1 pour les conducteurs en cuivre, soit calculé par la formule suivante applicable aux métaux en général:

$$I = I_f \left[\frac{t (1 + aT)}{T (1 + at)} \right]^{1/2}$$

où

a est le coefficient de variation de la résistance du matériau conducteur en fonction de la température (0,004265 K⁻¹ pour le cuivre);

I est la valeur efficace du courant maximal admissible, en ampères;

I_f est le courant de fusion du conducteur à une température ambiante de 40 °C, en ampères;

T est la température de fusion du conducteur en degrés Celsius (1 083 °C pour le cuivre);

t est la température du conducteur atteinte du fait de l'échauffement propre et de la température ambiante, en degrés Celsius.

Where simple apparatus forms part of an apparatus containing other electrical circuits, the whole shall be certified.

NOTE – Sensors which utilize catalytic reaction or other electro-chemical mechanisms are not normally simple apparatus. Specialist advice on their application should be sought.

6 Apparatus construction

NOTE – The requirements given in this clause apply, unless otherwise stated in the relevant subclauses, only to those features of intrinsically safe apparatus and associated apparatus which contribute to this type of protection and they are additional to the general requirements of IEC 60079-0 except for those excluded in 1.2.

For example, the requirements for encapsulation with casting compound apply only if encapsulating is required to satisfy 6.4.4 or 6.7.

6.1 Enclosures

In principle, intrinsically safe apparatus and associated apparatus do not require an enclosure as the method of protection is embodied within the circuits themselves. However, where intrinsic safety can be impaired by access to conducting parts, for example if the circuits contain infallible creepage distances in air, an enclosure of at least IP20 in accordance with IEC 60529 shall be provided as part of the apparatus under test.

The degree of protection required will vary according to the intended use; for example, a degree of protection of IP54 in accordance with IEC 60529 will in general be required for Group I apparatus.

The "enclosure" may not be physically the same for protection against contact with live parts and the ingress of solid foreign bodies and liquids.

The designation of the surfaces which form the boundaries of the enclosure shall be the responsibility of the manufacturer and shall be recorded in the definitive documentation (see clause 13).

6.2 Wiring and small component temperatures

6.2.1 Dust layers on Group I equipment

For the purposes of this clause where reference is made to T4 and Group I, the Group I equipment shall be equipment in which coal dust cannot form a layer in the location of or on the component being considered.

6.2.2 Wiring within apparatus

The maximum permissible current corresponding to the maximum wire temperature due to self-heating shall either be taken from table 1 for copper wires or can be calculated from the following equation for metals in general

$$I = I_f \left[\frac{t (1 + aT)}{T (1 + at)} \right]^{1/2}$$

where

a is the temperature coefficient of resistance of the wire material (0,004265 K⁻¹ for copper);

I is the maximum permissible current r.m.s., in amperes;

I_f is the current at which the wire melts in an ambient temperature of 40 °C, in amperes;

T is the melting temperature of the wire material in degrees Celsius (1 083 °C for copper);

t is the wire temperature due to self-heating and ambient temperature, in degrees Celsius.

Le courant maximal dans un conducteur isolé ne doit pas dépasser les spécifications données par le fabricant.

**Tableau 1 – Classement en température du câblage en cuivre
(pour une température ambiante maximale de 40 °C)**

Diamètre (voir note 4) mm	Section nominale (voir note 4) mm ²	Courant maximal admissible pour le classement en température		
		T1 à T4 et Groupe I A	T5 A	T6 A
0,035	0,000 962	0,53	0,48	0,43
0,05	0,001 96	1,04	0,93	0,84
0,1	0,007 85	2,1	1,9	1,7
0,2	0,031 4	3,7	3,3	3,0
0,35	0,096 2	6,4	5,6	5,0
0,5	0,196	7,7	6,9	6,7

NOTE 1 – Les valeurs ci-dessus du courant maximal admissible, en ampères, sont des valeurs efficaces en courant alternatif ou continu.
 NOTE 2 – Pour les conducteurs multibrins, la section nominale est considérée comme la somme des sections des brins du conducteur.
 NOTE 3 – Le tableau s'applique aussi aux conducteurs souples plats, tels que dans les câbles en nappe, mais pas aux conducteurs de circuits imprimés: voir alors 6.2.3.
 NOTE 4 – Le diamètre et la section sont les dimensions nominales spécifiées par le fabricant du câble.
 NOTE 5 – Lorsque la puissance interne maximale P_i n'excède pas 1,3 W, on peut attribuer au câblage le classement T4 et il est admissible pour le Groupe I.

6.2.3 Câblage de circuits imprimés

Sur les cartes de circuits imprimés d'au moins 0,5 mm d'épaisseur, ayant une piste conductrice d'au moins 35 µm d'épaisseur sur une ou sur les deux faces, un classement en température de T4 ou Groupe I doit être attribué aux pistes imprimées lorsqu'elles ont une largeur minimale de 0,3 mm et que le courant permanent dans les pistes ne dépasse pas 0,518 A. De même pour des largeurs minimales de piste de 0,5 mm, 1,0 mm et 2,0 mm, T4 doit être attribué pour les courants maximaux correspondants de 0,814 A, 1,388 A et 2,222 A respectivement. Les longueurs de piste de 10 mm ou moins ne doivent pas être prises en compte pour ce qui est du classement en température.

Pour d'autres applications, le classement en température du câblage en cuivre des cartes imprimées doit se faire à partir du tableau 2.

Les tolérances de fabrication ne doivent pas réduire les valeurs définies dans cet article de plus de 10 % ou 1 mm, selon la plus faible des deux valeurs.

Lorsque la puissance interne maximale P_i ne dépasse pas 1,3 W, le câblage imprimé doit recevoir le classement en température T4 ou Groupe I.

The maximum current in insulated wiring shall not exceed the rating specified by the manufacturer of the wire.

**Table 1 – Temperature classification of copper wiring
(in a maximum ambient temperature of 40 °C)**

Diameter (see note 4) mm	Cross-sectional area (see note 4) mm ²	Maximum permissible current for temperature classification		
		T1 to T4 and Group I A	T5 A	T6 A
0,035	0,000 962	0,53	0,48	0,43
0,05	0,001 96	1,04	0,93	0,84
0,1	0,007 85	2,1	1,9	1,7
0,2	0,031 4	3,7	3,3	3,0
0,35	0,096 2	6,4	5,6	5,0
0,5	0,196	7,7	6,9	6,7

NOTE 1 – The value given for maximum permissible current, in amperes, is the r.m.s. a.c. or d.c. value.

NOTE 2 – For stranded conductors, the cross-sectional area is taken as the total area of all strands of the conductor.

NOTE 3 – The table also applies to flexible flat conductors, such as in ribbon cable, but not to printed circuit conductors for which see 6.2.3.

NOTE 4 – Diameter and cross-sectional area are the nominal dimensions specified by the wire manufacturer.

NOTE 5 – Where the maximum input power P_i does not exceed 1,3 W the wiring can be awarded a temperature classification of T4 and is acceptable for Group I.

6.2.3 Printed circuit wiring

On printed circuit boards of at least 0,5 mm thickness, having a conducting track of at least 35 µm thickness on one or both sides, a temperature classification T4 or Group I shall be given to the printed tracks if they have a minimum width of 0,3 mm and the continuous current in the tracks does not exceed 0,518 A. Similarly, for minimum track widths of 0,5 mm, 1,0 mm and 2,0 mm, T4 shall be given for corresponding maximum currents of 0,814 A, 1,388 A and 2,222 A respectively. Track lengths of 10 mm or less shall be disregarded for temperature classification purposes.

For other applications, the temperature classification of copper wiring of printed boards shall be determined from table 2.

Manufacturing tolerances shall not reduce the values stated in this clause by more than 10 % or 1 mm, whichever is the smaller.

Where the maximum input power P_i does not exceed 1,3 W, the printed wiring shall be given a temperature classification of T4 or Group I.

**Tableau 2 – Classement en température des circuits imprimés
(pour une température ambiante maximale de 40 °C)**

Largeur minimale de piste mm	Courant maximal admissible pour le classement en température		
	T1 à T4 et Groupe I A	T5 A	T6 A
0,15	1,2	1,0	0,9
0,2	1,8	1,45	1,3
0,3	2,8	2,25	1,95
0,4	3,6	2,9	2,5
0,5	4,4	3,5	3,0
0,7	5,7	4,6	4,1
1,0	7,5	6,05	5,4
1,5	9,8	8,1	6,9
2,0	12,0	9,7	8,4
2,5	13,5	11,5	9,6
3,0	16,1	13,1	11,5
4,0	19,5	16,1	14,3
5,0	22,7	18,9	16,6
6,0	25,8	21,8	18,9

NOTE 1 – Les valeurs données pour le courant maximal admissible en ampères, sont des valeurs efficaces en courant alternatif ou continu.

NOTE 2 – Ce tableau s'applique aux cartes imprimées de 1,6 mm d'épaisseur ou plus, à simple face de cuivre de 35 µm d'épaisseur.

NOTE 3 – Pour les cartes d'épaisseur comprise entre 0,5 mm et 1,6 mm, diviser le courant maximal spécifié par 1,2.

NOTE 4 – Pour les cartes à double face, diviser le courant maximal spécifié par 1,5.

NOTE 5 – Pour les cartes multicouches, pour la couche considérée, diviser le courant maximal spécifié par 2.

NOTE 6 – Pour une épaisseur de cuivre de 18 µm, diviser le courant maximal spécifié par 1,5.

NOTE 7 – Pour une épaisseur de cuivre de 70 µm, multiplier le courant maximal spécifié par 1,3.

NOTE 8 – Pour des pistes passant sous des composants dissipant 0,25 W ou plus, soit en fonctionnement normal soit dans les conditions de défaut, diviser le courant maximal spécifié par 1,5.

NOTE 9 – Aux sorties des composants dissipant 0,25 W ou plus, soit en fonctionnement normal soit dans les conditions de défaut, et sur 1,00 mm le long de la piste, soit multiplier la largeur de piste par 3, soit diviser le courant maximal spécifié par 2. Si la piste passe sous le composant, appliquer en plus le facteur spécifié dans la note 8.

6.2.4 Petits composants

Les petits composants, par exemple les transistors ou les résistances dont la température dépasse la valeur permise par le classement en température, sont acceptables à condition qu'ils répondent à l'une des prescriptions suivantes:

- a) lorsqu'ils sont essayés selon 10.7, les petits composants ne doivent pas enflammer le mélange inflammable et aucune déformation ou détérioration due à la température élevée ne doit endommager le mode de protection;
- b) pour un classement en T4 et Groupe I, les petits composants doivent être conformes au tableau 3;
- c) pour un classement en T5, la température de surface d'un composant dont la surface est inférieure à 10 cm² (en excluant les conducteurs de sortie) ne doit pas dépasser 150 °C.

**Table 2 – Temperature classification of printed board wiring
(in a maximum ambient temperature of 40 °C)**

Minimum track width mm	Maximum permissible current for temperature classification		
	T1 to T4 and Group I A	T5 A	T6 A
0,15	1,2	1,0	0,9
0,2	1,8	1,45	1,3
0,3	2,8	2,25	1,95
0,4	3,6	2,9	2,5
0,5	4,4	3,5	3,0
0,7	5,7	4,6	4,1
1,0	7,5	6,05	5,4
1,5	9,8	8,1	6,9
2,0	12,0	9,7	8,4
2,5	13,5	11,5	9,6
3,0	16,1	13,1	11,5
4,0	19,5	16,1	14,3
5,0	22,7	18,9	16,6
6,0	25,8	21,8	18,9

NOTE 1 – The value given for maximum permissible current, in amperes is the r.m.s. a.c. or d.c. value.

NOTE 2 – This table applies to printed boards 1,6 mm or thicker with a single layer of copper of 35 µm thickness.

NOTE 3 – For boards with a thickness between 0,5 mm and 1,6 mm, divide the maximum current specified by 1,2.

NOTE 4 – For boards with conducting tracks on both sides, divide the maximum current specified by 1,5.

NOTE 5 – For multilayer boards, for the track layer under consideration, divide the maximum current specified by 2.

NOTE 6 – For 18 µm copper thickness, divide the maximum current by 1,5.

NOTE 7 – For 70 µm copper thickness, multiply the maximum current by 1,3.

NOTE 8 – For tracks passing under components dissipating 0,25 W or more either normally or under fault conditions, divide the maximum current specified by 1,5.

NOTE 9 – At terminations of components dissipating 0,25 W or more either normally or under fault conditions, and for 1,00 mm along the conductor, either multiply the track width by 3 or divide the maximum current specified by 2. If the track goes under the component, apply the factor specified in note 8 in addition.

6.2.4 Small components

Small components, for example transistors or resistors, whose temperature exceeds that permitted for the temperature classification, shall be acceptable providing that they conform to one of the following:

- when tested in accordance with 10.7, small components shall not cause ignition of the flammable mixture and any deformation or deterioration caused by the higher temperature shall not impair the type of protection;
- for T4 and Group I classification, small components shall conform to table 3;
- for T5 classification, the surface temperature of a component with a surface area smaller than 10 cm² (excluding lead wires) shall not exceed 150 °C.

Tableau 3 – Bases de classement en T4 en fonction de la taille du composant et de la température ambiante

Surface totale sans les conducteurs de sortie	Exigences pour le classement en T4 et Groupe I
<20 mm ²	Température de surface ≤275 °C
≥20 mm ²	Puissance dissipée ≤1,3 W *
≥20 mm ² <10 cm ²	Température de surface ≤200 °C

* Réduit à 1,2 W pour une température ambiante de 60 °C ou à 1,0 W pour une température ambiante de 80 °C.

Pour les potentiomètres, la surface à considérer est celle de l'élément résistant et non la surface externe du composant. Les conditions d'implantation, et l'effet de dissipation thermique et de refroidissement de toute la structure du potentiomètre doivent être pris en considération pendant l'essai. La température doit être mesurée sur la piste avec le courant qui circule dans les conditions de «ia» ou «ib» selon le cas. Si cela conduit à une valeur de résistance de moins de 10 % de la valeur de résistance de la piste, la mesure doit être faite à 10 % de la valeur de résistance de la piste.

6.3 Dispositifs de raccordement des circuits externes

6.3.1 Bornes de raccordement

En plus de satisfaire aux prescriptions du tableau 4, les bornes de raccordement des circuits de sécurité intrinsèque doivent être séparées des bornes de raccordement des circuits non de sécurité intrinsèque par une ou plusieurs des méthodes décrites en a) ou b).

Ces méthodes de séparation doivent aussi être appliquées lorsque la sécurité intrinsèque peut être compromise par le câblage externe qui, se déconnectant du bornier de raccordement, peut venir en contact avec des conducteurs ou des composants.

NOTE – Il convient que les bornes de raccordement pour la connexion de circuits externes à des matériels à sécurité intrinsèque et à des matériels associés soient implantées de telle manière que les composants ne soient pas endommagés au moment de la réalisation des connexions.

- a) Lorsque la séparation est assurée par l'éloignement, la distance entre deux bornes doit être d'au moins 50 mm. Des précautions doivent être prises dans la disposition des bornes et dans la méthode de câblage utilisée afin qu'aucun contact entre circuits ne puisse se produire si un fil se déconnecte.
- b) Lorsque la séparation est obtenue en plaçant les bornes des circuits de sécurité intrinsèque et non de sécurité intrinsèque dans des enveloppes séparées, ou par l'utilisation entre bornes soit d'une cloison isolante soit d'une cloison métallique reliée à la terre avec un couvercle commun, les dispositions suivantes s'appliquent:
 - 1) les cloisons utilisées pour séparer les bornes doivent être prolongées jusqu'à moins de 1,5 mm des parois de l'enveloppe, ou bien assurer une distance minimale de 50 mm entre les bornes, la mesure étant effectuée dans toutes les directions autour de la cloison;
 - 2) les cloisons métalliques doivent être mises à la terre et être suffisamment solides et rigides pour ne pas pouvoir être détériorées durant le câblage sur site. De telles cloisons doivent avoir une épaisseur d'au moins 0,45 mm ou être conformes à 10.10.2 si leur épaisseur est plus faible. De plus, les cloisons métalliques doivent pouvoir écouler suffisamment de courant pour éviter de se percer par échauffement ou de couper la liaison à la terre dans les conditions de défaut;
 - 3) les cloisons non métalliques doivent avoir une épaisseur suffisante et être maintenues de façon à ne pas pouvoir se déformer au point de ne plus assurer leur fonction. De telles cloisons doivent avoir au moins 0,9 mm d'épaisseur, ou être conformes à 10.10.2 si leur épaisseur est plus faible.

Table 3 – Assessment for T4 classification according to component size and ambient temperature

Total surface area excluding lead wires	Requirement for T4 and Group I classification
<20 mm ²	Surface temperature ≤275 °C
≥20 mm ²	Power dissipation ≤1,3 W*
≥20 mm ² <10 cm ²	Surface temperature ≤200 °C
* Reduced to 1,2 W with 60 °C ambient temperature or 1,0 W with 80 °C ambient temperature.	

For potentiometers, the surface to be considered shall be that of the resistance element and not the external surface of the component. The mounting arrangement, and heatsinking and cooling effect of the overall potentiometer construction shall be taken into consideration during the test. Temperature shall be measured on the track with that current which flows under conditions of "ib" or "ia", as appropriate. If this results in a resistance value of less than 10 % of the track resistance value, the measurement shall be carried out at 10 % of the track resistance value.

6.3 Facilities for connection of external circuits

6.3.1 Terminals

In addition to satisfying the requirements of table 4, terminals for intrinsically safe circuits shall be separated from terminals for non-intrinsically safe circuits by one or more of the methods given in a) or b).

These methods of separation shall also be applied where intrinsic safety can be impaired by external wiring which, if disconnected from the terminal, can come into contact with conductors or components.

NOTE – Terminals for connection of external circuits to intrinsically safe apparatus and associated apparatus should be so arranged that components will not be damaged when making the connections.

- a) When separation is accomplished by distance then the clearance between terminals shall be at least 50 mm. Care shall be exercised in the layout of terminals and in the wiring method used so that contact between circuits is unlikely if a wire becomes dislodged.
- b) When separation is accomplished by locating terminals for intrinsically safe and non-intrinsically safe circuits in separate enclosures or by use of either an insulating partition or an earthed metal partition between terminals with a common cover, the following applies:
 - 1) partitions used to separate terminals shall extend to within 1,5 mm of the enclosure walls, or alternatively shall provide a minimum distance of 50 mm between the terminals when measured in any direction around the partition;
 - 2) metal partitions shall be earthed and shall have sufficient strength and rigidity to ensure that they are not likely to be damaged during field wiring. Such partitions shall be at least 0,45 mm thick or shall conform to 10.10.2 if of lesser thickness. In addition, metal partitions shall have sufficient current-carrying capacity to prevent burn-through or loss of earth connection under fault conditions;
 - 3) non-metallic insulating partitions shall have sufficient thickness and shall be so supported that they cannot readily be deformed in a manner that would defeat their purpose. Such partitions shall be at least 0,9 mm thick, or shall conform to 10.10.2 if of lesser thickness.

Les distances dans l'air entre les parties conductrices nues des éléments de raccordement de différents circuits de sécurité intrinsèque doivent être égales ou supérieures aux valeurs du tableau 4. De plus, les distances entre éléments de raccordement doivent être telles que les distances entre les parties conductrices nues des conducteurs externes connectés soient au moins de 6 mm lorsqu'elles sont mesurées selon la figure 1. Tout mouvement possible des parties métalliques non fixées rigidement doit être pris en considération.

La distance dans l'air minimale entre les parties conductrices nues de conducteurs externes reliés aux bornes et des parties conductrices métalliques reliées à la terre ou autres doit être de 3 mm, à moins que la possibilité de connexion n'ait été prise en compte lors de l'analyse de la sécurité.

Tableau 4 – Distances dans l'air, lignes de fuite et distances de séparation

1	Tension (valeur de crête) V		10	30	60	90	190	375	550	750	1 000	1 300	1 575	3,3 k	4,7 k	9,5 k	15,6 k
2	Distance dans l'air mm		1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0	14,0	16,0				
3	Distance de séparation au travers du composé de moulage mm		0,5	0,7	1,0	1,3	1,7	2,0	2,4	2,7	3,3	4,6	5,3	9,0	12,0	20,0	33,0
4	Distance de séparation au travers d'une isolation solide mm		0,5	0,5	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,3	2,7	4,5	6,0	10,0	16,5
5	Ligne de fuite dans l'air mm		1,5	2,0	3,0	4,0	8,0	10,0	15,0	18,0	25,0	36,0	49,0				
6	Ligne de fuite sous revêtement mm		0,5	0,7	1,0	1,3	2,6	3,3	5,0	6,0	8,3	12,0	16,3				
7	Indice de résistance au cheminement (IRC)	ia		100	100	100	175	175	275	275	275	275	275				
		ib		100	100	100	175	175	175	175	175	175	175	175			

NOTE 1 – Sauf pour les distances de séparation, aucune valeur n'est actuellement proposée pour les tensions supérieures à 1 575 V.

NOTE 2 – Pour les tensions inférieures à 10 V, il n'est pas prescrit que l'IRC des matériaux isolants soit spécifié.

6.3.2 Prises de courant

Les prises de courant utilisées pour la liaison de circuits de sécurité intrinsèque externes doivent être disposées séparément et être non interchangeables avec celles employées pour les circuits non de sécurité intrinsèque.

The clearances between bare conducting parts of terminals of separate intrinsically safe circuits shall be equal to or exceed the values given in table 4. In addition, the clearances between terminals shall be such that the clearances between the bare conducting parts of connected external conductors are at least 6 mm when measured in accordance with figure 1. Any possible movement of metallic parts which are not rigidly fixed shall be taken into account.

The minimum clearance between the bare conducting parts of external conductors connected to terminals and earthed metal or other conducting parts shall be 3 mm, unless the possible interconnection has been taken into account in the safety analysis.

Table 4 – Clearances, creepage distances and separations

1	Voltage (peak value) V		10	30	60	90	190	375	550	750	1 000	1 300	1 575	3,3 k	4,7 k	9,5 k	15,6 k
2	Clearance mm		1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0	14,0	16,0				
3	Separation distance through casting compound mm		0,5	0,7	1,0	1,3	1,7	2,0	2,4	2,7	3,3	4,6	5,3	9,0	12,0	20,0	33,0
4	Separation distance through solid insulation mm		0,5	0,5	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,3	2,7	4,5	6,0	10,0	16,5
5	Creepage distance in air mm		1,5	2,0	3,0	4,0	8,0	10,0	15,0	18,0	25,0	36,0	49,0				
6	Creepage distance under coating mm		0,5	0,7	1,0	1,3	2,6	3,3	5,0	6,0	8,3	12,0	16,3				
7	Comparative tracking index (CTI)	ia		100	100	100	175	175	275	275	275	275	275				
		ib		100	100	100	175	175	175	175	175	175	175	175			

NOTE 1 – Except for separation distances, no values for voltages higher than 1 575 V are proposed at present.
NOTE 2 – At voltages up to 10 V, the CTI of insulating materials is not required to be specified.

6.3.2 Plugs and sockets

Plugs and sockets used for connection of external intrinsically safe circuits shall be separate from and non-interchangeable with those for non-intrinsically safe circuits.

Lorsqu'un matériel de sécurité intrinsèque ou un matériel associé est équipé de plus d'une prise de courant pour des connexions externes et que la permutation pourrait affecter le mode de protection, de telles prises de courant doivent être équipées (par exemple d'un détrompeur) pour que la permutation ne soit pas possible, ou bien les fiches et embases se correspondant doivent être identifiées (par exemple par marquage ou code de couleur) pour rendre la permutation visible.

Lorsqu'une prise de courant n'est pas fournie équipée de ses conducteurs, les éléments de raccordement doivent satisfaire à 6.3.1. Cependant, si les connexions imposent l'emploi d'un outil spécial, par exemple un outil de sertissage, de façon qu'il ne soit pas possible qu'un brin de conducteur devienne libre, les éléments de raccordement doivent seulement être conformes au tableau 4.

Si un connecteur comporte des circuits mis à la terre et si le mode de protection dépend de la liaison à la terre, ce connecteur doit être construit selon 6.6.

6.3.3 Détermination du rapport externe maximal de l'inductance à la résistance (L_o/R_o) pour des sources de puissance limitées par résistance

Le rapport externe maximal de l'inductance à la résistance (L_o/R_o) qui peut être branché à une source limitée par résistance doit être calculé par la formule suivante. Cette formule tient compte d'un coefficient de sécurité de 1,5 sur le courant et ne doit pas être utilisée lorsque C_i aux bornes de sortie de la source dépasse 1 % de C_o .

$$\frac{L_o}{R_o} = \frac{8e R_i + (64 e^2 R_i^2 - 72 U_o^2 e L_i)^{1/2}}{4,5 U_o^2} \text{ H}/\Omega$$

où

e est l'énergie minimale d'inflammation dans l'éclateur, en joules, ayant pour valeur:

- pour les matériels du Groupe I: 525 μ J
- pour les matériels du Groupe IIA: 320 μ J
- pour les matériels du Groupe IIB: 160 μ J
- pour les matériels du Groupe IIC: 40 μ J

R_i est la résistance de sortie minimale de la source de puissance, en ohms;

U_o est la tension maximale en circuit ouvert, en volts;

L_i est l'inductance maximale présente aux bornes de la source, en henrys.

Si $L_i = 0$

alors

$$\frac{L_o}{R_o} = \frac{32 e R_i}{9 U_o^2} \text{ H}/\Omega$$

Lorsqu'un coefficient de sécurité de 1 est prescrit, on doit multiplier la valeur de L_o/R_o par 2,25.

NOTE - L'utilisation normale du rapport L_o/R_o est relative aux paramètres répartis, par exemple des câbles. Son emploi pour des inductances et résistances localisées nécessite des précautions particulières.

Where intrinsically safe or associated apparatus is fitted with more than one plug and socket for external connections and interchange could adversely affect the type of protection, such plugs and sockets shall either be arranged, for example by keying, so that interchange is not possible, or mating plugs and sockets shall be identified, for example by marking or colour coding, to make interchanging obvious.

Where a plug or a socket is not prefabricated with its wires, the connecting facilities shall conform to 6.3.1. If, however, the connections require the use of a special tool, for example by crimping, such that there is no possibility of a strand of wire becoming free, then the connection facilities need only conform to table 4.

Where a connector carries earthed circuits and the type of protection depends on the earth connection, then the connector shall be constructed in accordance with 6.6.

6.3.3 Determination of maximum external inductance to resistance ratio (L_o/R_o) for resistance limited power source

The maximum external inductance to resistance ratio (L_o/R_o) which may be connected to a resistance limited power source shall be calculated using the following formula. This formula takes account of a 1,5 factor of safety on current and shall not be used where C_i for the output terminals of the apparatus exceeds 1 % of C_o .

$$\frac{L_o}{R_o} = \frac{8e R_i + (64 e^2 R_i^2 + 72 U_o^2 e L_i)^{1/2}}{4,5 U_o^2} \text{ H}/\Omega$$

where

e is the minimum spark-test apparatus ignition energy in joules, and is for

- Group I apparatus: 525 μJ
- Group IIA apparatus: 320 μJ
- Group IIB apparatus: 160 μJ
- Group IIC apparatus: 40 μJ

R_i is the minimum output resistance of the power source, in ohms;

U_o is the maximum open circuit voltage, in volts;

L_i is the maximum inductance present at the power source terminals, in henries.

If $L_i = 0$

then

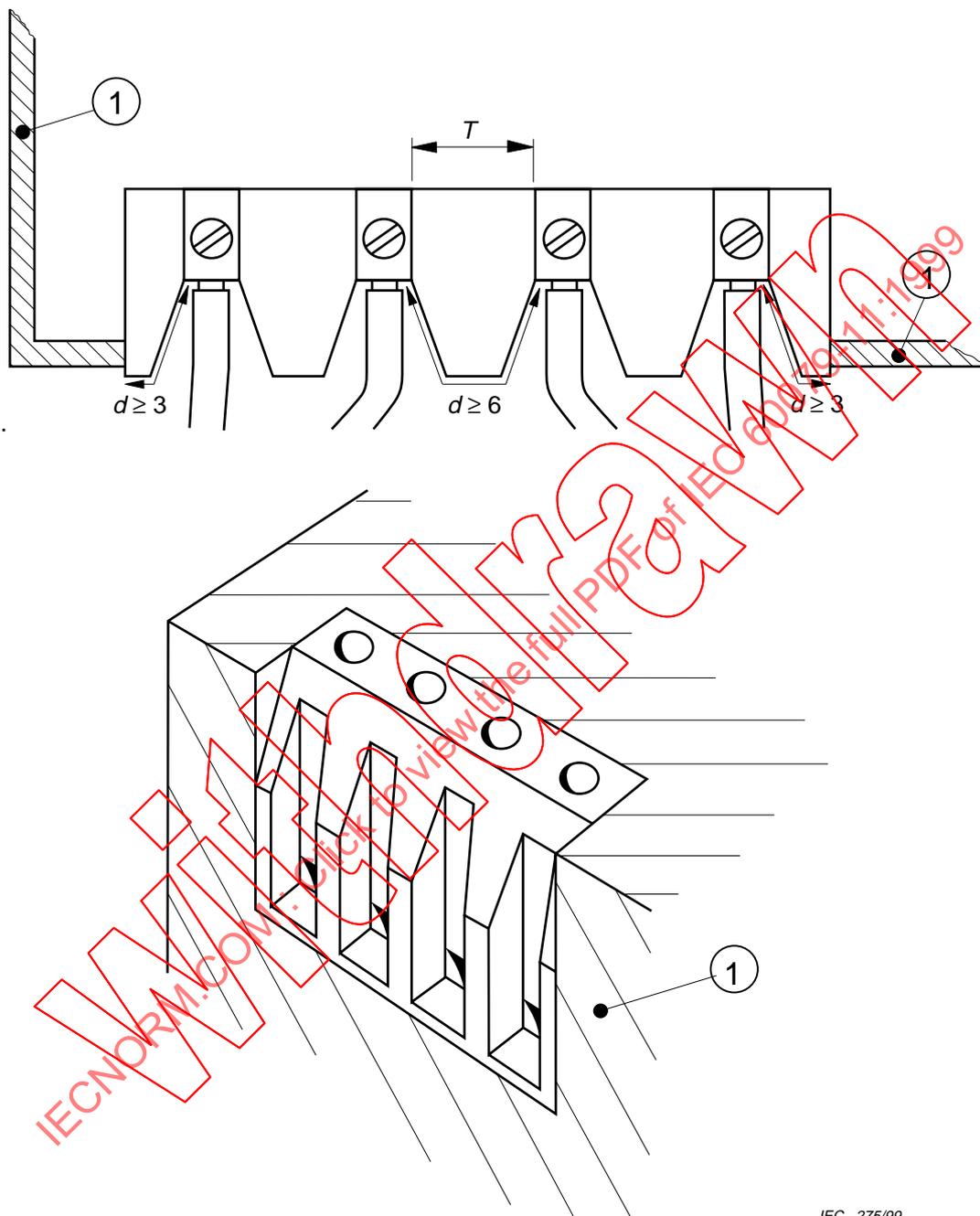
$$\frac{L_o}{R_o} = \frac{32 e R_i}{9 U_o^2} \text{ H}/\Omega$$

Where a safety factor of 1 is required, this value for L_o/R_o shall be multiplied by 2,25.

NOTE – The normal application of the L_o/R_o ratio is for distributed parameters, for example cables. Its use for lumped values for inductance and resistance requires special consideration.

6.3.4 Câble solidaire en permanence

Les matériels électriques construits avec un câble solidaire en permanence doivent satisfaire aux prescriptions de 10.13.



IEC 275/99

Dimensions en millimètres

Légendes

① Couche conductrice

T Distance dans l'air et ligne de fuite selon le tableau 4

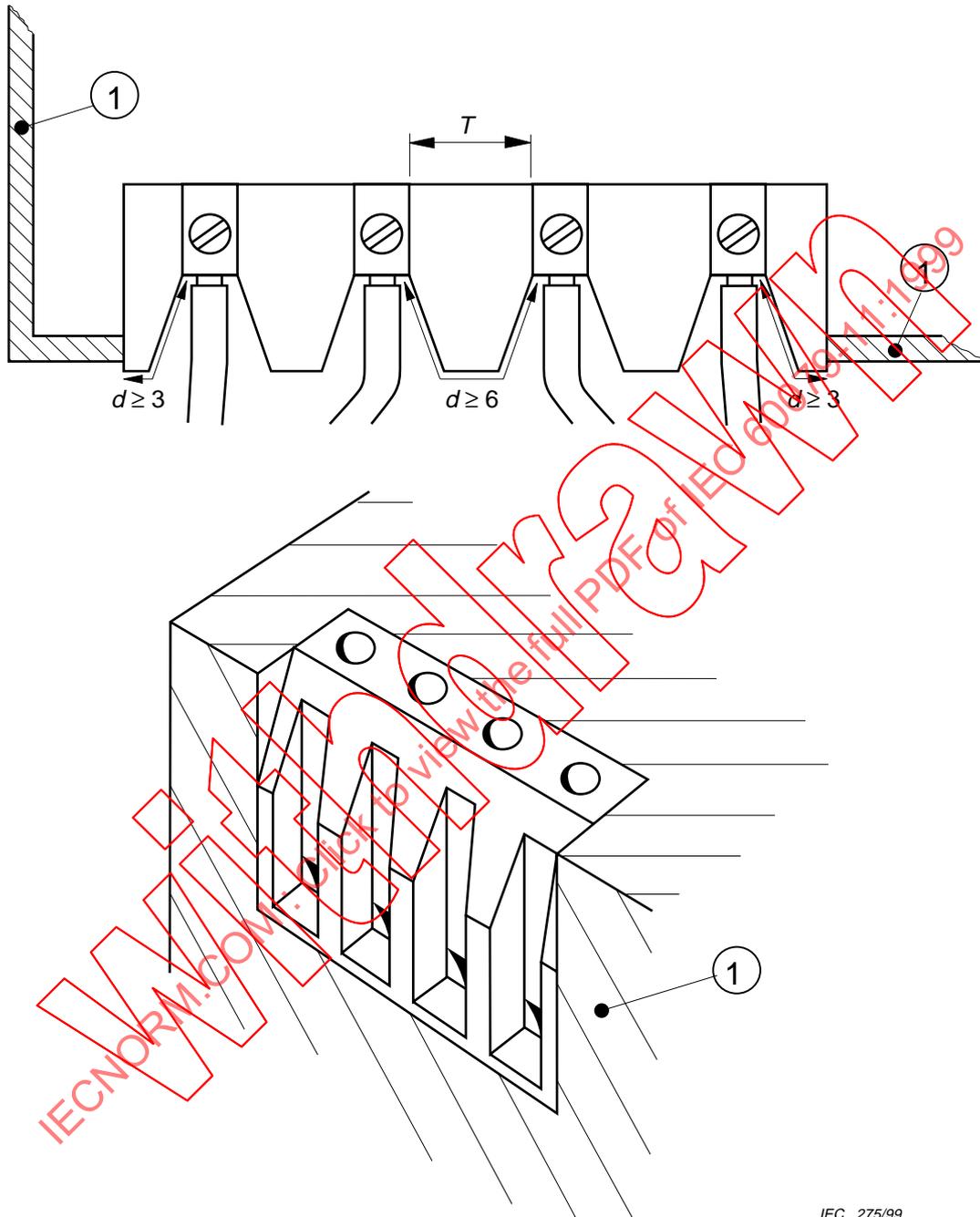
d Distance dans l'air et ligne de fuite selon 6.3.1

NOTE – Les dimensions indiquées sont les lignes de fuite et les distances dans l'air autour de l'isolant comme indiqué ci-dessus, mais pas l'épaisseur de l'isolant.

Figure 1 – Exigences relatives aux distances dans l'air et lignes de fuite pour des bornes recevant des circuits de sécurité intrinsèque distincts

6.3.4 Permanently connected cable

Apparatus constructed with a permanently connected cable shall conform to 10.13.



IEC 275/99

Dimensions in millimetres

Key

① Conductive cover

T Clearance and creepage distances in accordance with table 4

d Clearance and creepage distances in accordance with 6.3.1

NOTE – The dimensions shown are the creepage and clearance distances around the insulation as indicated above, not the thickness of the insulation.

Figure 1 – Clearance and creepage distance requirements for terminals carrying separate intrinsically safe circuits

6.4 Distances de séparation

6.4.1 Séparation des parties conductrices

La séparation des parties conductrices entre

- des circuits de sécurité intrinsèque et non de sécurité intrinsèque, ou
- différents circuits de sécurité intrinsèque, ou
- un circuit et des parties métalliques isolées ou mises à la terre,

doit être conforme à ce qui suit si le mode de protection dépend de la séparation.

Les distances de séparation doivent être mesurées ou évaluées en tenant compte de tout déplacement possible des conducteurs ou des parties conductrices. Les tolérances de fabrication ne doivent pas réduire ces distances de plus de 10 % ou 1 mm, selon la plus faible des deux valeurs.

Si la séparation est conforme au tableau 4, elle doit être considérée comme non sujette à défaillance à une résistance d'isolation plus basse.

De plus petites distances, mais qui sont supérieures au tiers des valeurs prescrites dans le tableau 4, doivent être considérées comme sujettes à défauts de court-circuit pris en compte.

Si les distances de séparation sont inférieures au tiers des valeurs prescrites au tableau 4, elles doivent être considérées comme étant sujettes à défauts de court-circuit non pris en compte si cela compromet la sécurité intrinsèque.

Les prescriptions de séparation ne s'appliquent pas lorsqu'une partie métallique mise à la terre, par exemple un câblage imprimé ou une cloison, sépare un circuit de sécurité intrinsèque d'autres circuits, à condition que le claquage par rapport à la terre n'affecte pas défavorablement le mode de protection et que la partie conductrice mise à la terre puisse écouler le courant maximal qui circulerait dans les conditions de défaut.

NOTE 1 – Par exemple, le mode de protection dépend de la séparation de parties métalliques mises à la terre ou isolées si une résistance de limitation de courant peut être shuntée par des courts-circuits entre le circuit et la partie métallique mise à la terre ou isolée.

Une cloison métallique mise à la terre doit être résistante et rigide de manière qu'elle ne puisse être endommagée et elle doit avoir une épaisseur et une capacité d'écoulement du courant suffisantes pour prévenir le percement par brûlure ou la perte de mise à la terre dans les conditions de défaut. Une cloison doit soit avoir une épaisseur d'au moins 0,45 mm et être fixée à une partie métallique rigide et mise à la terre du matériel, soit être conforme à 10.10.2 si son épaisseur est plus faible.

Lorsqu'une cloison non métallique isolante ayant un IRC adéquat est disposée entre les parties conductrices, les distances dans l'air, les lignes de fuite et les autres distances de séparation doivent être mesurées autour de la cloison lorsque la cloison a une épaisseur d'au moins 0,9 mm, ou bien, lorsque son épaisseur est plus faible, la cloison doit être conforme à 10.10.2.

NOTE 2 – Les méthodes d'évaluation sont données à l'annexe C.

6.4 Separation distances

6.4.1 Separation of conductive parts

Separation of conductive parts between

- intrinsically safe and non-intrinsically safe circuits, or
- different intrinsically safe circuits, or
- a circuit and earthed or isolated metal parts,

shall conform to the following if the type of protection depends on the separation.

Separation distances shall be measured or assessed taking into account any possible movement of the conductors or conductive parts. Manufacturing tolerances shall not reduce the distances by more than 10 % or 1 mm, whichever is the smaller.

If the separation conforms to table 4, it shall be considered as not subject to failure to a lower insulation resistance.

Smaller separation distances, which exceed one-third of the values specified in table 4, shall be considered as subject to countable short-circuit faults.

If separation distances are less than one-third of the values specified in table 4, they shall be considered as subject to non-countable short-circuit faults if this impairs intrinsic safety.

Separation requirements shall not apply where earthed metal, for example printed wiring or a partition, separates an intrinsically safe circuit from other circuits, provided that breakdown to earth does not adversely affect the type of protection and that the earthed conductive part can carry the maximum current that would flow under fault conditions.

NOTE 1 – For example, the type of protection does depend on the separation to earthed or isolated metallic parts if a current-limiting resistor can be bypassed by short circuits between the circuit and the earthed or isolated metallic part.

An earthed metal partition shall have strength and rigidity so that it is unlikely to be damaged and shall be of sufficient thickness and of sufficient current-carrying capacity to prevent burn-through or loss of earth under fault conditions. A partition either shall be at least 0,45 mm thick and attached to a rigid, earthed metal portion of the device, or shall conform to 10.10.2 if of lesser thickness.

Where a non-metallic insulating partition having an appropriate CTI is placed between the conductive parts, the clearances, creepage distances and other separation distances either shall be measured around the partition provided that the partition has a thickness of at least 0,9 mm, or shall conform to 10.10.2 if of lesser thickness.

NOTE 2 – Methods of assessment are given in annex C.

6.4.2 Tension entre parties conductrices

La tension qui est prise en considération lorsqu'on utilise le tableau 4 est la tension entre tout couple de parties conductrices dont la séparation a une incidence sur le mode de protection du circuit pris en considération, à savoir, par exemple (voir figure 3), la tension entre un circuit de sécurité intrinsèque et

- une partie du même circuit qui n'est pas de sécurité intrinsèque, ou
- des circuits non de sécurité intrinsèque, ou
- d'autres circuits de sécurité intrinsèque.

La valeur de la tension à considérer est l'une ou l'autre de celles indiqués ci-après.

- a) Pour les circuits qui sont galvaniquement séparés dans le matériel, la valeur de tension à considérer entre les circuits doit être la plus haute tension qui peut apparaître à travers la séparation lorsque les deux circuits sont connectés ensemble en tout point, et qui est issue
- des tensions nominales des circuits, ou
 - des tensions maximales, définies par le constructeur, qui peuvent sans dommage être appliquée aux circuits, ou
 - de toute tension produite à l'intérieur du même matériel.

Lorsqu'une des tensions est inférieure à 20 % de l'autre, elle n'est pas prise en considération. Les tensions d'alimentation de réseau doivent être prises sans ajouter les tolérances normalisées de réseau. Pour de telles tensions sinusoïdales, la tension de crête à considérer est la suivante:

$\sqrt{2}$ × la valeur efficace de la tension nominale.

- b) Entre des parties de circuit, la valeur de crête maximale de la tension qui peut être présente dans une quelconque partie du circuit. Cette valeur peut être la somme des tensions de différentes sources connectées à ce circuit. L'une des tensions n'a pas à être prise en considération si elle est inférieure à 20 % de l'autre.

Dans tous les cas, les tensions qui apparaissent dans les conditions de défaut définies à l'article 5 doivent, si cela est applicable, être considérées pour définir les valeurs maximales.

Toute tension externe doit être considérée comme ayant la valeur U_m ou U_i spécifiée pour les bornes sur lesquelles elle est appliquée. Les tensions transitoires telles que celles pouvant apparaître avant qu'un dispositif de protection, par exemple un fusible, ouvre le circuit, ne doivent pas être considérées lors de l'évaluation de la ligne de fuite, mais doivent être considérées lors de l'évaluation des distances dans l'air.

6.4.3 Distance dans l'air

Pour les mesures ou l'évaluation des distances dans l'air, les cloisons isolantes de moins de 0,9 mm d'épaisseur ou non conformes à 10.10.2 ne doivent pas être prises en considération. Les autres parties isolantes doivent respecter la ligne 4 du tableau 4.

Pour des tensions supérieures à 1 575 V crête, une cloison isolante de séparation ou une cloison métallique mise à la terre doit être utilisée. Dans l'un et l'autre cas la cloison doit respecter les prescriptions de 6.4.

6.4.2 Voltage between conductive parts

The voltage which is taken into account when using table 4 shall be the voltage between any two conductive parts for which the separation has an effect on the type of protection of the circuit under consideration, that is for example (see figure 3) the voltage between an intrinsically safe circuit and

- part of the same circuit which is not intrinsically safe, or
- non-intrinsically safe circuits, or
- other intrinsically safe circuits.

The value of voltage to be considered shall be either of the following, as applicable.

- a) For circuits which are galvanically separated within the apparatus, the value of voltage to be considered between the circuits, shall be the highest voltage that can appear across the separation when the two circuits are connected together at any one point, derived from
- the rated voltages of the circuits, or
 - the maximum voltages specified by the manufacturer which may safely be supplied to the circuits, or
 - any voltages generated within the same apparatus.

Where one of the voltages is less than 20 % of the other, it shall be ignored. Mains supply voltages shall be taken without the addition of standard mains tolerances. For such sinusoidal voltages, peak voltage shall be considered to be the following:

$\sqrt{2} \times$ r.m.s. value of the rated voltage.

- b) Between parts of a circuit: the maximum peak value of the voltage that can occur in either part of that circuit. This may be the sum of the voltages of different sources connected to that circuit. One of the voltages may be ignored if it is less than 20 % of the other.

In all cases voltages which arise during the fault conditions of clause 5 shall, where applicable, be used to derive the maximum.

Any external voltage shall be assumed to have the value U_m or U_i declared for the connection facilities through which it enters. Transient voltages such as might exist before a protective device, for example a fuse, opens the circuit shall not be considered when evaluating the creepage distance, but shall be considered when evaluating clearances.

6.4.3 Clearance

In measuring or assessing clearances between conductive parts, insulating partitions of less than 0,9 mm thickness, or which do not conform to 10.10.2, shall be ignored. Other insulating parts shall conform to line 4 of table 4.

For voltages higher than 1 575 V peak, an interposing insulating partition or earthed metal partition shall be used. In either case, the partition shall conform to 6.4.

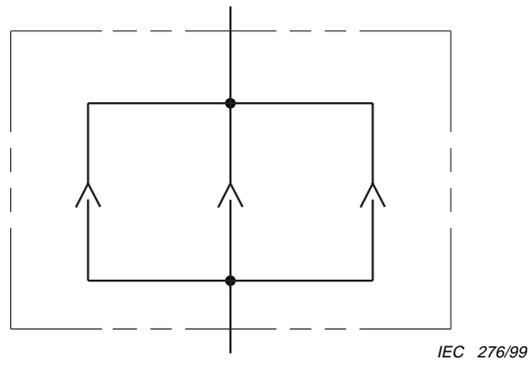


Figure 2a – Exemple de trois éléments de connexion indépendants

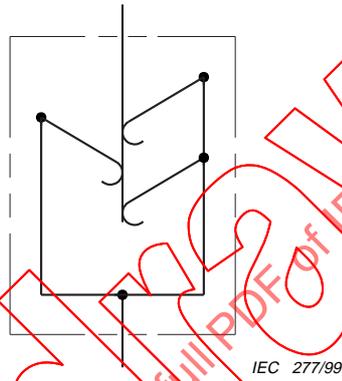
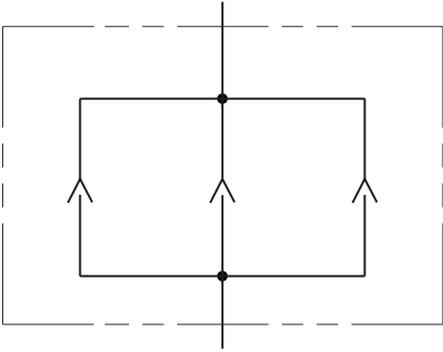


Figure 2b – Exemple de trois éléments de connexion qui ne sont pas indépendants

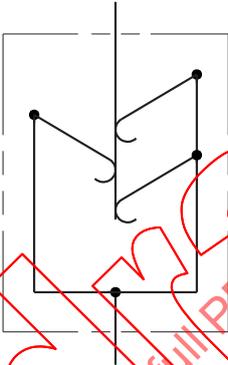
Figure 2 – Exemples d'éléments de connexion indépendants et non indépendants

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-11:1999



IEC 276/99

Figure 2a – Example of three independent connecting elements



IEC 277/99

Figure 2b – Example of three connecting elements which are not independent

Figure 2 – Examples of independent and non-independent connecting elements

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-11:1999

6.4.4 Distances de séparation au travers d'un composé de moulage et prescriptions pour ce composé

Le composé de moulage doit répondre aux prescriptions suivantes:

- a) avoir une température d'emploi, spécifiée par le fabricant du composé de moulage ou du matériel, qui soit au moins égale à la température maximale atteinte par tout composant lorsque l'encapsulage est réalisé;

Cependant, des températures plus élevées que la température assignée pour le composé de moulage sont permises à condition qu'elles ne provoquent aucun dommage au composé qui compromettrait le mode de protection.

- b) présenter sur sa surface libre une valeur d'IRC au moins égale à celle spécifiée au tableau 4 si des parties conductrices nues émergent du composé de moulage;

Seul un matériau dur, par exemple de la résine époxyde, peut avoir sa surface libre exposée et non protégée, formant ainsi partie de l'enveloppe (voir figure D.1). Il doit satisfaire aux prescriptions de 10.10.1.

- c) être adhérent à toutes les parties conductrices, composants et supports de base, sauf s'ils sont complètement pris dans le composé de moulage;

- d) être défini par son nom générique et sa désignation de type donnés par le fabricant du composé de moulage;

Pour les matériels de sécurité intrinsèque, tous les circuits reliés aux parties conductrices encapsulées et/ou aux composants et/ou aux parties nues dépassant du composé de moulage doivent être de sécurité intrinsèque. Des conditions de défaut à l'intérieur du composé de moulage doivent être considérées, mais non la possibilité d'inflammation par étincelle.

Si les circuits reliés aux parties conductrices encapsulées et/ou aux composants et/ou aux parties nues dépassant du composé de moulage ne sont pas de sécurité intrinsèque, ils doivent être protégés par un autre mode de protection donné dans la CEI 60079-0.

La distance minimale de séparation entre les parties conductrices et les composants encapsulés, et la surface libre du composé de moulage doit être au moins égale à la moitié des valeurs de la ligne 3 du tableau 4, avec une distance minimale de 1 mm. Lorsque le composé de moulage est en contact direct avec une enveloppe en matériau isolant répondant aux prescriptions de la ligne 4 du tableau 4, aucune autre séparation n'est requise (voir figure D.1).

L'isolation du circuit encapsulé doit être conforme à 6.4.12.

La défaillance d'un composant encapsulé ou hermétiquement scellé, par exemple un semi-conducteur, utilisé conformément à 7.1 et dont les distances dans l'air internes et les distances au travers de l'encapsulage ne sont pas définies, est à considérer comme un unique défaut pris en compte.

Des prescriptions complémentaires sont données à l'annexe D.

6.4.5 Distances de séparation au travers d'une isolation solide

Une isolation solide est une isolation qui est extrudée ou moulée mais non coulée. Elle doit avoir une rigidité diélectrique conforme à 6.4.12 lorsque la distance de séparation est en conformité avec le tableau 4.

NOTE 1 – Si l'isolant est fabriqué à partir de deux ou plusieurs pièces de matériau isolant qui sont solidement réunies ensemble, le composite peut être considéré comme solide.

NOTE 2 – Pour les besoins de cette norme, une isolation solide est considérée être préfabriquée, par exemple une feuille ou un fourreau ou une isolation élastomère sur un conducteur.

NOTE 3 – Les vernis et revêtements similaires ne sont pas considérés comme des isolations solides.

6.4.4 Separation distances through and requirements of casting compound

The casting compound shall conform to the following:

- a) have a temperature rating, specified by the manufacturer of the casting compound or apparatus, which is at least equal to the maximum temperature achieved by any component under encapsulated conditions;

Alternatively higher temperatures than the rated casting compound temperature shall be accepted provided that they do not cause any damage to the casting compound that would adversely affect the type of protection.

- b) have at its free surface a CTI value of at least that specified in table 4 if any bare conductive parts protrude from the casting compound;

Only hard material, for example epoxy resin, shall have its free surface exposed and unprotected, thus forming part of the enclosure (see figure D.1). It shall conform to 10.10.1.

- c) be adherent to all conductive parts, components and substrates except when they are totally enclosed by the casting compound;
- d) be specified by its generic name and type designation given by the manufacturer of the casting compound;

For intrinsically safe apparatus, all circuits connected to the encapsulated conductive parts and/or components and/or bare parts protruding from the casting compound shall be intrinsically safe. Fault conditions within the casting compound shall be assessed but the possibility of spark ignition shall not be considered.

If circuits connected to the encapsulated conductive parts and/or components and/or bare parts protruding from the casting compound are not intrinsically safe, they shall be protected by another type of protection listed in IEC 60079-0.

The minimum separation distance between encapsulated conductive parts and components, and the free surface of the casting compound shall be at least half the values shown in line 3 of table 4, with a minimum separation distance of 1 mm. When the casting compound is in direct contact with an enclosure of insulating material conforming to line 4 of table 4, no other separation is required (see figure D.1).

The insulation of the encapsulated circuit shall conform to 6.4.12.

The failure of a component which is encapsulated or hermetically sealed, for example a semiconductor, which is used in accordance with 7.1 and in which internal clearances and distances through encapsulant are not defined, is to be considered as a single countable fault.

Further requirements are given in annex D.

6.4.5 Separation distances through solid insulation

Solid insulation is insulation which is extruded or moulded but not poured. It shall have an electrical strength which conforms to 6.4.12 when the separation distance is in accordance with table 4.

NOTE 1 – If the insulator is fabricated from two or more pieces of electrical insulating material which are solidly bonded together, then the composite may be considered as solid.

NOTE 2 – For the purpose of this standard, solid insulation is considered to be prefabricated, for example sheet or sleeving or elastomeric insulation on wiring.

NOTE 3 – Varnish and similar coatings are not considered to be solid insulation.

6.4.6 Séparations composites

Lorsque des séparations sont composites, par exemple de l'air puis une isolation, la distance totale de séparation doit être calculée en se référant, pour toutes les distances, à une seule ligne du tableau 4. Par exemple pour 60 V:

distance dans l'air (ligne 2) = 6 × distance de séparation au travers d'une isolation solide (ligne 4);

distance dans l'air (ligne 2) = 3 × distance de séparation au travers du composé de moulage (ligne 3);

distance dans l'air équivalente = distance dans l'air effective + (3 × toute distance de séparation supplémentaire au travers de l'encapsulation) + (6 × toute distance de séparation supplémentaire au travers d'une isolation solide).

Pour être infaillible, le résultat obtenu ci-dessus ne doit pas être inférieur à la distance dans l'air spécifiée au tableau 4.

Toute distance dans l'air ou distance de séparation qui est inférieure au tiers de la valeur spécifiée au tableau 4 ne doit pas être prise en considération lors du calcul.

6.4.7 Ligne de fuite dans l'air

Pour les lignes de fuite dans l'air spécifiées à la ligne 5 du tableau 4, le matériau isolant doit respecter les prescriptions de la ligne 7 du tableau 4 qui définit l'indice de résistance au cheminement (IRC) minimal, mesuré selon la CEI 60112. La méthode de mesure ou d'évaluation de ces distances doit être conforme à la figure 4.

Lorsqu'un raccord est collé, la colle doit être un matériau ayant des propriétés isolantes équivalentes à celles du matériau voisin.

Lorsque la ligne de fuite est constituée de la somme de distances plus faibles, par exemple lorsqu'une partie conductrice est interposée, les distances de moins d'un tiers de la valeur considérée de la ligne 5 du tableau 4 ne doivent pas être prises en compte. Pour les tensions supérieures à 1 575 V en valeur de crête, une séparation par une cloison isolante ou par une cloison métallique mise à la terre doit être utilisée. Dans les deux cas, la cloison doit respecter les prescriptions de 6.4.1.

6.4.6 Composite separations

Where separations are composite, for example through a combination of air and insulation, the total separation shall be calculated on the basis of referring all separations to one line of table 4. For example at 60 V:

clearance (line 2) = $6 \times$ separation through solid insulation (line 4);

clearance (line 2) = $3 \times$ separation through casting compound (line 3);

equivalent clearance = actual clearance + $(3 \times$ any additional separation through encapsulant) + $(6 \times$ any additional separation through solid insulation).

To be infallible, the above result shall be not less than the clearance value specified in table 4.

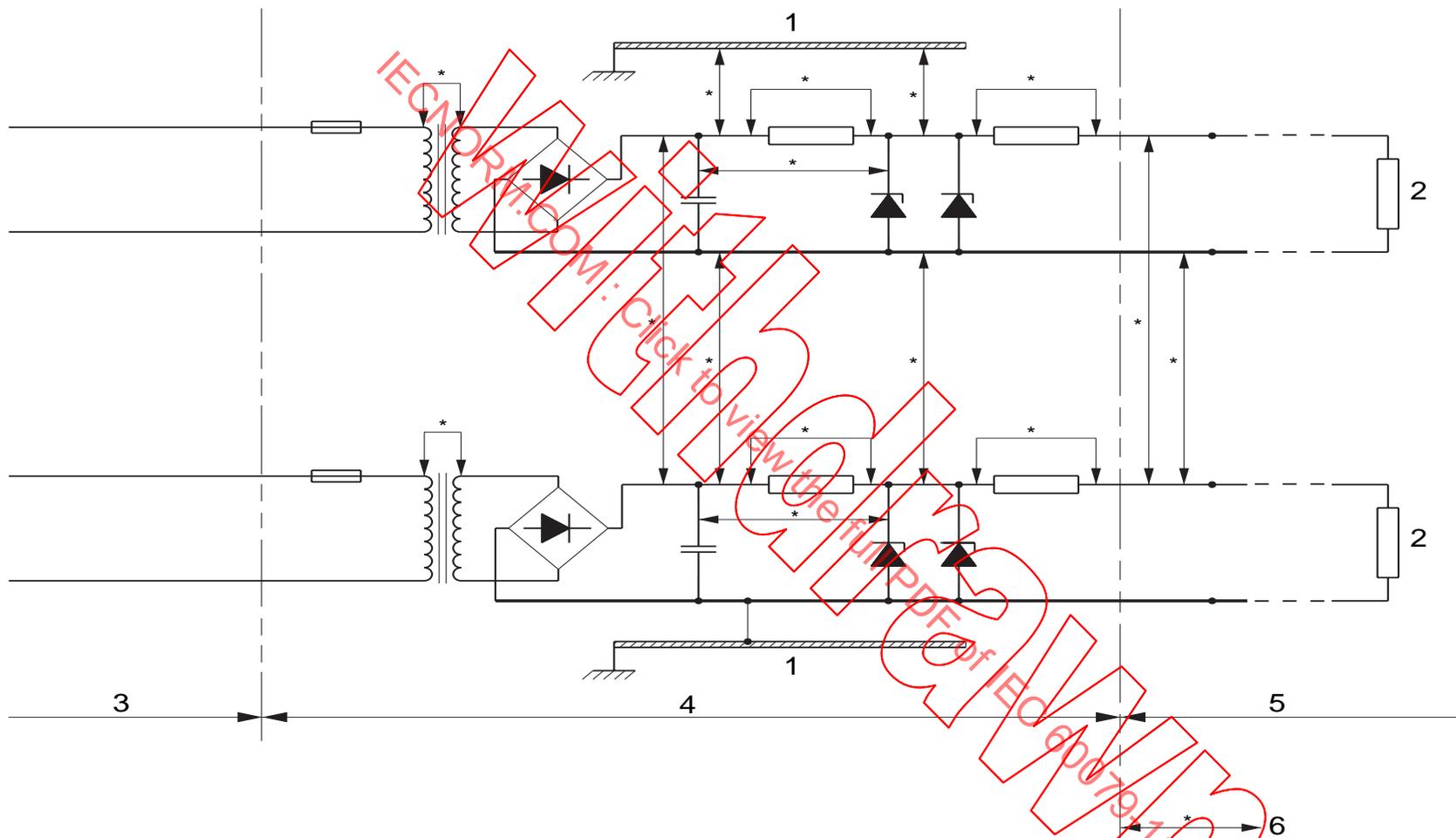
Any clearance or separation which is below one-third of the relevant value specified in table 4 shall be ignored for the purpose of calculation.

6.4.7 Creepage distance in air

For the creepage distances in air specified in line 5 of table 4, the insulating material shall conform to line 7 of table 4 which specifies the minimum comparative tracking index (CTI) measured in accordance with IEC 60112. The method of measuring or assessing these distances shall be in accordance with figure 4.

Where a joint is cemented, the cement shall have insulation properties equivalent to those of the adjacent material.

Where the creepage distance is made up from the addition of shorter distances, for example where a conductive part is interposed, distances of less than one-third the relevant value in line 5 of table 4 shall not be taken into account. For voltages higher than 1 575 V peak, an interposing insulating partition or earthed metallic partition shall be used. In either case, the partition shall conform to 6.4.1.



Légende

1 Châssis

2 Charge

3 Circuit non de sécurité intrinsèque défini par U_m

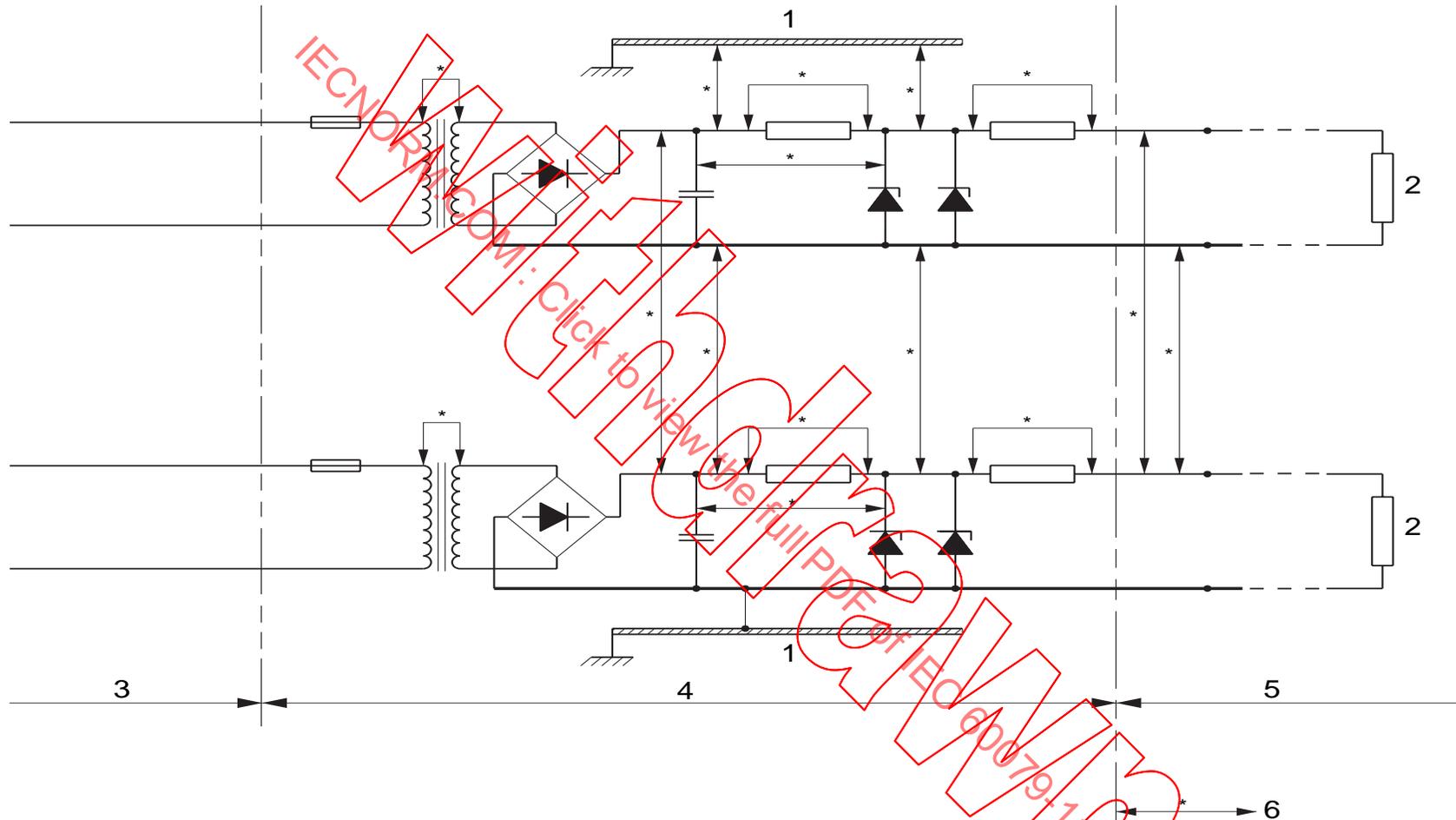
4 Partie de circuit de sécurité intrinsèque, elle-même non de sécurité intrinsèque

5 Circuit de sécurité intrinsèque

6 $\leftarrow^* \rightarrow$ Dimensions auxquelles le tableau 4 s'applique

Figure 3 – Séparation de parties conductrices

IEC 278/99



Key

1 Chassis

2 Load

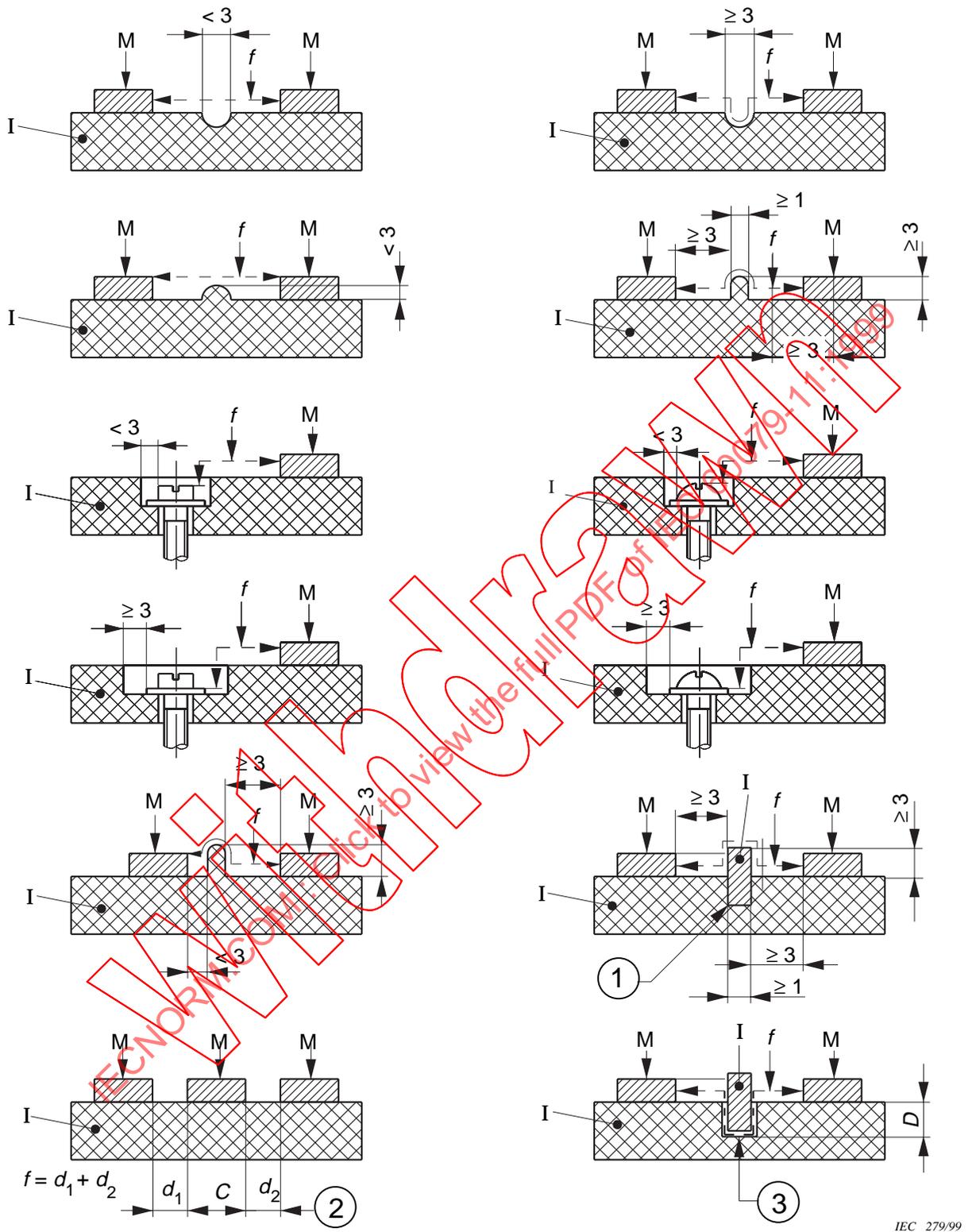
3 Non-intrinsically safe circuit defined by U_m

4 Part of intrinsically safe circuit not in itself intrinsically safe

5 Intrinsically safe circuit

6 $\leftarrow * \rightarrow$ Dimensions to which table 4 is applicable

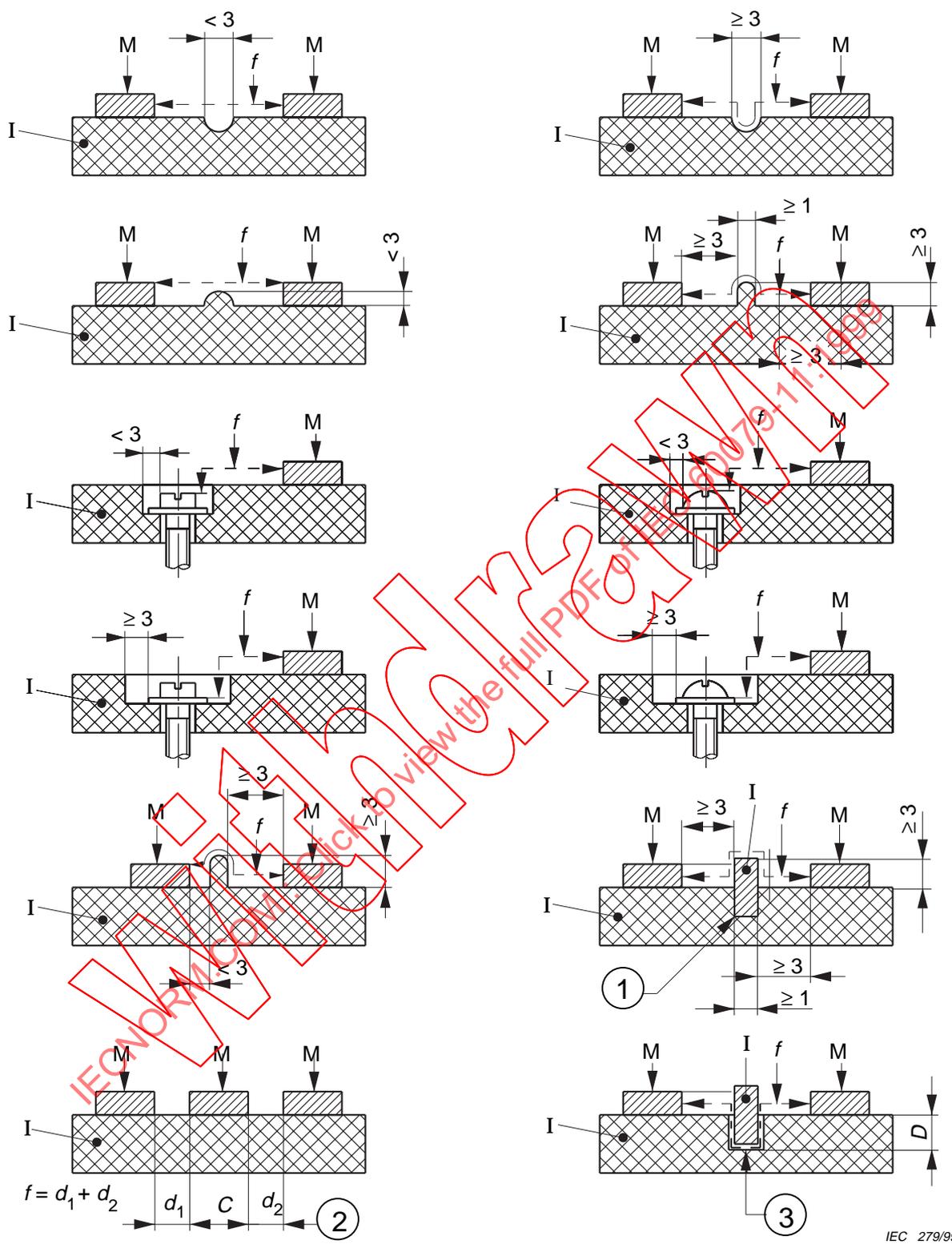
Figure 3 – Separation of conducting parts



Légende
 f Ligne de fuite
 M Métal
 I Matériau isolant

① Joint collé
 ② Le métal central n'est pas relié électriquement
 ③ Joint non collé. Hauteur extérieure de cloison > D

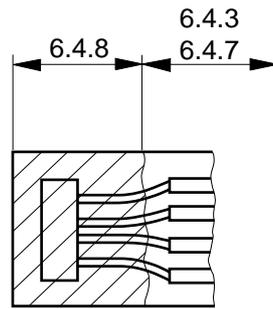
Figure 4 – Détermination des lignes de fuite (dans l'air)



Key
 f Creepage distance
 M Metal
 I Insulating material

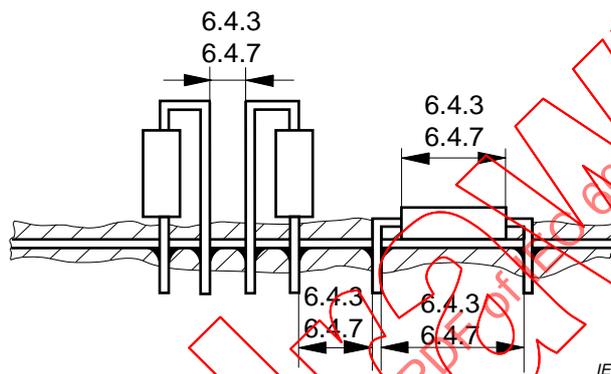
① Cemented joint
 ② The central metal is not electrically connected
 ③ Uncemented joint. Exposed height of partition > D

Figure 4 – Determination of creepage distances (in air)



IEC 280/99

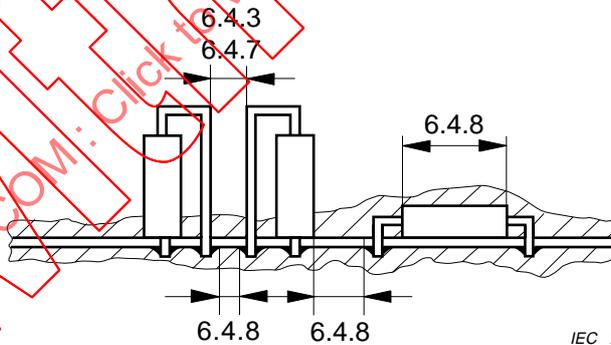
Figure 5a – Carte partiellement revêtue



IEC 281/99

Les sorties des résistances ne sont pas prises sous le revêtement, donc 6.4.3 et 6.4.7 s'appliquent à toutes les dimensions indiquées.

Figure 5b – Carte avec sorties soudées émergentes



IEC 282/99

Figure 5c – Carte avec sorties soudées pliées ou coupées

NOTE – L'épaisseur du revêtement n'est pas représentée à l'échelle.

Figure 5 – Lignes de fuite et distances dans l'air sur des cartes de circuits imprimés

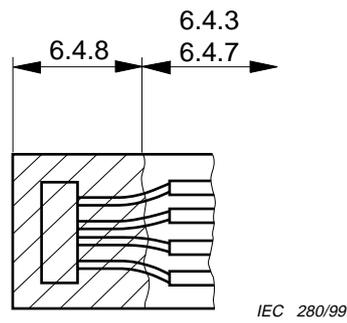
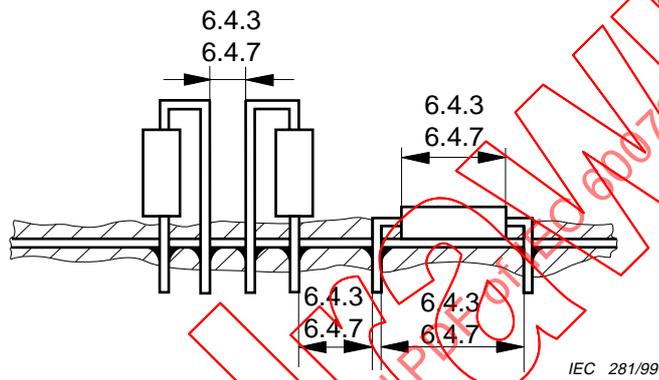


Figure 5a – Partially coated board



Resistor leads not sealed within coating, therefore 6.4.3 and 6.4.7 apply to all marked dimensions.

Figure 5b – Board with soldered leads protruding

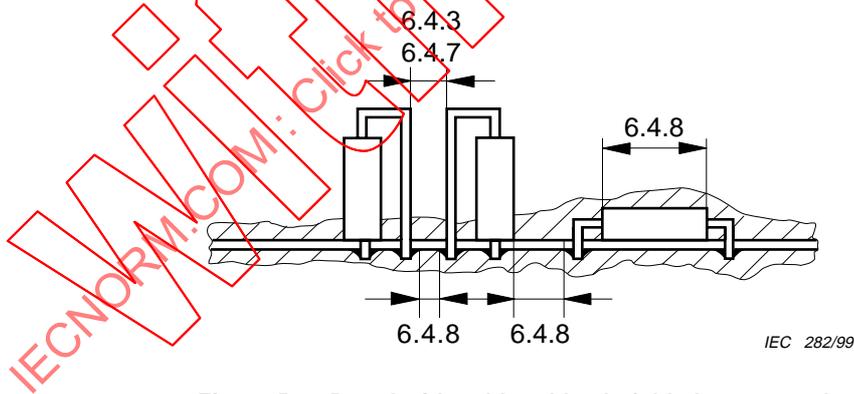


Figure 5c – Board with soldered leads folded or cropped

NOTE – The thickness of the coating is not drawn to scale.

Figure 5 – Creepage distances and clearances on printed circuit boards

6.4.8 Ligne de fuite sous revêtement

Un revêtement enrobant conforme doit soustraire les lignes de fuite entre les conducteurs en question à l'entrée d'humidité et de pollution et doit constituer un écran efficace et durable. Il doit adhérer aux parties conductrices et au matériau isolant. Si le revêtement enrobant est appliqué par pulvérisation, deux couches séparées doivent être appliquées. Un vernis épargne seul n'est pas considéré comme un revêtement conforme, mais peut être accepté comme l'une des deux couches lorsqu'un autre revêtement non vernis épargne est appliqué par pulvérisation, à condition que le vernis épargne ne soit pas endommagé pendant le soudage. D'autres méthodes d'application exigent seulement une couche, par exemple le revêtement par immersion, l'application à la brosse, l'imprégnation sous vide.

La méthode utilisée pour revêtir la carte doit être définie dans la documentation du certificat. Lorsque le revêtement est considéré comme étant approprié pour empêcher les parties conductrices, par exemple les points de soudure et les conducteurs de composants, d'émerger du revêtement, cela doit être spécifié dans la documentation et confirmé dans l'examen de certification.

Lorsque des conducteurs et des parties conductrices nus émergent du revêtement, l'indice de résistance au cheminement (IRC) de la ligne 7 du tableau 4 s'applique à la fois à l'isolant et au revêtement.

NOTE – Le concept de ligne de fuite sous revêtement a été élaboré pour des surfaces planes telles que les cartes de circuits imprimés rigides. Des applications radicalement différentes nécessitent des études spéciales.

6.4.9 Prescriptions pour les cartes de circuits imprimés montées

Lorsque les lignes de fuite et les distances dans l'air influent sur la sécurité intrinsèque du matériel, les circuits imprimés doivent satisfaire aux prescriptions suivantes (voir figure 5):

- a) lorsque le circuit imprimé est recouvert par un revêtement enrobant selon 6.4.8, les prescriptions de 6.4.3 et 6.4.7 s'appliquent uniquement à toute partie conductrice qui se trouve hors de ce revêtement, comprenant, par exemple
 - les pistes qui émergent du revêtement,
 - la surface libre d'un circuit imprimé qui n'est revêtu que sur une seule face,
 - les parties nues des composants susceptibles d'émerger du revêtement;
- b) les prescriptions de 6.4.8 s'appliquent aux circuits ou parties de circuits avec leurs composants montés lorsque le revêtement recouvre les broches de liaison, les raccords soudés et les parties conductrices de tout composant.

6.4.10 Séparation par écrans reliés à la terre

Lorsque la séparation entre circuits ou parties de circuits est assurée par un écran métallique, l'écran et toutes ses connexions doivent être capables de supporter le courant permanent maximal possible auquel ils pourraient être soumis selon les prescriptions de l'article 5.

Lorsqu'une connexion est faite à travers un connecteur, celui-ci doit être construit selon 6.6.

6.4.11 Câblage interne

Les matières isolantes, à l'exception des vernis et revêtements semblables, recouvrant les conducteurs de câblage interne doivent être considérées comme des isolants solides (voir 6.4.5).

La séparation des conducteurs doit être déterminée par addition de l'épaisseur radiale de l'isolation extrudée de conducteurs placés l'un à côté de l'autre soit comme conducteurs unitaires, soit sous forme de câble, soit faisant partie d'un câble.

6.4.8 Creepage distance under coating

A conformal coating shall seal the creepage path between the conductors in question against the ingress of moisture and pollution, and shall give an effective lasting unbroken seal. It shall adhere to the conductive parts and to the insulating material. If the coating is applied by spraying, two separate coats shall be applied. A solder mask alone is not considered as a conformal coating, but can be accepted as one of the two coats when another non-solder mask coat is applied by spraying, provided the solder mask is not damaged during soldering. Other methods of application require only one coat, for example dip coating, brushing, vacuum impregnating.

The method used for coating the board shall be specified in the certification documentation. Where the coating is considered adequate to prevent conductive parts, for example soldered joints and component leads, from protruding through the coating, this shall be stated in the documentation and confirmed by examination.

Where bare conductors or conductive parts emerge from the coating the comparative tracking index (CTI) in line 7 of table 4 shall apply to both insulation and coating.

NOTE – The concept of creepage distance under coating was developed for flat surfaces, for example non-flexible printed circuit boards. Radical differences from this format require special consideration.

6.4.9 Requirements for assembled printed circuit boards

Where creepage and clearance distances affect the intrinsic safety of the apparatus, the printed circuit shall conform to the following (see figure 5):

- a) when a printed circuit is covered by a conformal coating according to 6.4.8, the requirements of 6.4.3 and 6.4.7 shall apply only to any conductive parts which lie outside the coating, including, for example
 - tracks which emerge from the coating,
 - the free surface of a printed circuit which is coated on one side only,
 - bare parts of components able to protrude through the coating;
- b) the requirements of 6.4.8 shall apply to circuits or parts of circuits and their fixed components when the coating covers the connecting pins, solder joints and the conductive parts of any components.

6.4.10 Separation by earth screens

Where separation between circuits or parts of circuits is provided by a metallic screen, the screen, as well as any connection to it, shall be capable of carrying the maximum possible current to which it could be continuously subjected in accordance with clause 5.

Where the connection is made through a connector, the connector shall be constructed in accordance with 6.6.

6.4.11 Internal wiring

Insulation, except for varnish and similar coatings, covering the conductors of internal wiring shall be considered as solid insulation (see 6.4.5).

The separation of conductors shall be determined by adding together the radial thicknesses of extruded insulation on wires which are lying side by side either as separate wires or in a cable form or in a cable.

La distance entre l'âme de tout conducteur d'un circuit de sécurité intrinsèque et celle de tout conducteur d'un circuit non de sécurité intrinsèque doit être conforme à la ligne 4 du tableau 4 en prenant en compte les prescriptions de 6.4.6, sauf dans l'un des cas suivants:

- les conducteurs du circuit de sécurité intrinsèque ou ceux du circuit non de sécurité intrinsèque sont entourés par un écran relié à la terre;
- dans les matériels électriques de catégorie «ib», l'isolation des conducteurs du circuit de sécurité intrinsèque peut supporter un essai diélectrique sous tension alternative de valeur efficace égale à 2 000 V.

NOTE – Un moyen d'obtenir une isolation pouvant supporter une telle tension d'essai consiste à ajouter une gaine isolante sur le conducteur.

6.4.12 Essais diélectriques

L'isolation entre un circuit de sécurité intrinsèque et le châssis du matériel électrique ou des parties qui peuvent être reliées à la terre doit normalement pouvoir supporter un essai diélectrique sous une tension alternative efficace égale au double de la tension du circuit de sécurité intrinsèque ou à 500 V, la plus grande des deux valeurs étant retenue.

Le courant circulant durant l'essai ne doit pas augmenter au-delà du courant attendu de par la conception du circuit et ne doit dépasser 5 mA en valeur efficace à aucun moment, ou alors, si le circuit ne satisfait pas à cette prescription, le matériel doit être marqué du symbole X.

L'isolation entre un circuit de sécurité intrinsèque et un circuit non de sécurité intrinsèque doit être capable de supporter un essai diélectrique sous une tension alternative de valeur efficace égale à $2U + 1\,000$ V, avec un minimum de 1 500 V, U étant la somme des valeurs efficaces des tensions du circuit de sécurité intrinsèque et du circuit non de sécurité intrinsèque.

Lorsqu'un amorçage entre des circuits de sécurité intrinsèque distincts peut conduire à des conditions dangereuses, l'isolation entre ces circuits doit pouvoir supporter un essai diélectrique sous une tension alternative de valeur efficace égale à $2U$, avec un minimum de 500 V, U étant la somme des valeurs efficaces des tensions des circuits considérés.

La méthode employée pour les essais ci-dessus doit être conforme à 10.6.

6.4.13 Relais

Lorsque la bobine d'un relais est reliée à un circuit de sécurité intrinsèque, les valeurs assignées aux contacts par le fabricant ne doivent pas être dépassées en service normal et les contacts ne doivent pas couper ou établir plus de 5 A ou 250 V en valeur efficace ou 100 VA. Lorsque les valeurs de courant ou de puissance coupées par les contacts dépassent ces valeurs mais ne dépassent pas 10 A ou 500 VA, les valeurs des lignes de fuite et distances dans l'air du tableau 4 doivent être doublées.

Pour des valeurs supérieures, les circuits de sécurité intrinsèque et les circuits non de sécurité intrinsèque ne peuvent être raccordés au même relais que s'ils sont séparés par une cloison métallique reliée à la terre ou par une cloison isolante conforme à 6.4.1. Les dimensions d'une telle cloison isolante doivent tenir compte de l'ionisation résultant du fonctionnement du relais qui devrait en général exiger des lignes de fuite et des distances dans l'air plus grandes que celles données au tableau 4.

Lorsqu'un relais a des contacts dans des circuits de sécurité intrinsèque et d'autres contacts dans des circuits non de sécurité intrinsèque, les contacts de sécurité intrinsèque et non de sécurité intrinsèque doivent, en plus des prescriptions du tableau 4, être séparés par une cloison isolante ou métallique mise à la terre conforme à 6.4.1. Le relais doit être conçu de telle manière que les contacts brisés ou endommagés ne puissent pas sortir de leur logement et altérer l'intégrité de la séparation entre les circuits de sécurité intrinsèque et les circuits non de sécurité intrinsèque.

The distance between the conductors of any core of an intrinsically safe circuit and that of any core of a non-intrinsically safe circuit shall be in accordance with line 4 of table 4, taking into account the requirements of 6.4.6 except when one of the following apply:

- the cores of either the intrinsically safe or the non-intrinsically safe circuit are enclosed in an earth screen, or
- in category "ib" electrical apparatus, the insulation of the intrinsically safe cores is capable of withstanding an r.m.s. a.c. test voltage of 2 000 V.

NOTE – One method of achieving insulation capable of withstanding this test voltage is to add an insulating sleeve over the core.

6.4.12 Electric strength tests

The insulation between an intrinsically safe circuit and the frame of the electrical apparatus or parts which may be earthed shall normally be capable of withstanding an r.m.s. a.c. test voltage of twice the voltage of the intrinsically safe circuit or 500 V, whichever is the greater.

Either the current flowing during the test shall not increase above that which is expected from the design of the circuit and shall not exceed 5 mA r.m.s. at any time, or where the circuit does not satisfy this requirement the apparatus shall be marked with the symbol X.

The insulation between an intrinsically safe circuit and a non-intrinsically safe circuit shall be capable of withstanding an r.m.s. a.c. test voltage of $2U + 1\,000$ V, with a minimum of 1 500 V r.m.s., where U is the sum of the r.m.s. values of the voltages of the intrinsically safe circuit and the non-intrinsically safe circuit.

Where breakdown between separate intrinsically safe circuits could produce an unsafe condition, the insulation between these circuits shall be capable of withstanding an r.m.s. test voltage of $2U$, with a minimum of 500 V, where U is the sum of the r.m.s. values of the voltages of the circuits under consideration.

The test method used in the above tests shall be in accordance with 10.6.

6.4.13 Relays

Where the coil of a relay is connected to an intrinsically safe circuit, the contacts in normal operation shall not exceed their manufacturer's rating and shall not switch more than 5 A r.m.s. or 250 V r.m.s. or 100 VA. When the values switched by the contacts exceed these values but do not exceed 10 A or 500 VA, the values for creepage distance and clearance from table 4 for the relevant voltage shall be doubled.

For higher values, intrinsically safe circuits and non-intrinsically safe circuits shall be connected to the same relay only if they are separated by an earthed metal barrier or an insulating barrier conforming to 6.4.1. The dimensions of such an insulating barrier shall take into account the ionization arising from operation of the relay which would generally require creepage distances and clearances greater than those given in table 4.

Where a relay has contacts in intrinsically safe circuits and other contacts in non-intrinsically safe circuits, the intrinsically safe and non-intrinsically safe contacts shall be separated by an insulating or earthed metal barrier conforming to 6.4.1 in addition to table 4. The relay shall be designed such that broken or damaged contact arrangements cannot become dislodged and impair the integrity of the separation between intrinsically safe and non-intrinsically safe circuits.

6.5 Protection contre une inversion de polarité

Une protection doit être réalisée dans le matériel électrique de sécurité intrinsèque pour empêcher l'annulation du mode de protection à la suite d'une inversion de polarité des alimentations du matériel ou aux connexions entre les éléments d'une batterie où cela pourrait se produire. A cette fin, l'emploi d'une seule diode est acceptable.

6.6 Conducteurs de mise à la terre, connexions et bornes de raccordement

Lorsque la mise à la terre, par exemple, des enveloppes, conducteurs, écrans métalliques, conducteurs de circuits imprimés, broches de séparation dans un connecteur enfichable ou de barrières de sécurité à diodes, est exigée pour maintenir le mode de protection, la section des conducteurs, connecteurs et bornes de raccordement destinés à cette fonction doit être telle qu'ils soient dimensionnés pour supporter l'éventuel courant maximal qui pourrait circuler en permanence dans les conditions de l'article 5. Les composants doivent aussi être conformes à l'article 7.

Lorsqu'un connecteur comporte des circuits mis à la terre et que le mode de protection dépend de la mise à la terre du circuit, le connecteur doit comporter au moins trois éléments de connexion indépendants pour les circuits «ia» et au moins deux pour les circuits «ib» (voir figure 2). Ces éléments doivent être connectés en parallèle. Lorsque le connecteur peut être séparé en biais, une liaison doit être présente à chaque extrémité ou près de chaque extrémité du connecteur.

Les éléments de raccordement doivent être fixés sur leur support sans possibilité d'auto-desserrage et être réalisés de telle façon que les conducteurs ne puissent s'échapper des logements qui leur sont destinés. Un contact adéquat doit être assuré sans détériorer les conducteurs, même s'il s'agit de conducteurs à brins multiples utilisés dans des éléments de raccordement prévus pour le serrage direct des conducteurs. Le contact assuré par une borne ne doit pas être notablement affecté par les variations de température en service normal. Les éléments de raccordement qui sont prévus pour pincer des conducteurs multibrins doivent comporter un élément élastique intermédiaire. Les éléments de raccordement pour conducteurs de sections allant jusqu'à 4 mm² doivent aussi permettre le raccordement efficace de conducteurs de moindre section. Les éléments de raccordement qui sont conformes aux prescriptions de la CEI 60079-7 sont considérés satisfaire à ces prescriptions.

Les éléments suivants ne doivent pas être employés:

- a) les éléments de raccordement à arêtes coupantes qui pourraient endommager les conducteurs;
- b) les éléments de raccordement qui peuvent tourner, être tordus ou être déformés de façon permanente par un serrage normal;
- c) des matériaux isolants pour transmettre la pression de contact dans les bornes.

6.7 Encapsulage utilisé pour l'exclusion d'une atmosphère potentiellement explosive

Lorsqu'un composé de moulage est utilisé pour exclure une atmosphère potentiellement explosive de composants et de circuits de sécurité intrinsèque, par exemple coupe-circuits à fusibles, des dispositifs piézoélectriques avec leurs composants de limitation et des dispositifs de réserve d'énergie avec leurs composants de limitation, ce composé doit être conforme à 6.4.4.

De plus, lorsqu'un composé de moulage est utilisé pour réduire les possibilités d'inflammation du fait de composants chauds, par exemple des diodes et résistances, le volume de composé de moulage et son épaisseur doivent réduire la température maximale de surface du composé de moulage jusqu'au niveau désiré.

6.5 Protection against polarity reversal

Protection shall be provided within intrinsically safe apparatus to prevent invalidation of the type of protection as a result of reversal of the polarity of supplies to that apparatus or at connections between cells of a battery where this could occur. For this purpose, a single diode shall be acceptable.

6.6 Earth conductors, connections and terminals

Where earthing, for example of enclosures, conductors, metal screens, printed wiring board conductors, segregation contacts of plug-in connectors and diode safety barriers, is required to maintain the type of protection, the cross-sectional area of any conductors, connectors and terminals used for this purpose shall be such that they are rated to carry the maximum possible current to which they could be continuously subjected under the conditions specified in clause 5. Components shall also conform to clause 7.

Where a connector carrier's earthed circuits and the type of protection depends on the earthed circuit, the connector shall comprise at least three independent connecting elements for "ia" circuits and at least two for "ib" circuits (see figure 2). These elements shall be connected in parallel. Where the connector can be removed at an angle, one connection shall be present at, or near to, each end of the connector.

Terminals shall be fixed in their mountings without possibility of self-loosening and shall be constructed so that the conductors cannot slip out from their intended location. Proper contact shall be assured without deterioration of the conductors, even if multi-stranded cores are used in terminals which are intended for direct clamping of the cores. The contact made by a terminal shall not be appreciably impaired by temperature changes in normal service. Terminals which are intended for clamping stranded cores shall include resilient intermediate part. Terminals for conductors of cross-sections up to 4 mm² shall also be suitable for the effective connection of conductors having a smaller cross-section. Terminals which comply with the requirements of IEC 60079-7 are considered to conform to these requirements.

The following shall not be used:

- a) terminals with sharp edges which could damage the conductors;
- b) terminals which may turn, be twisted or permanently deformed by normal tightening;
- c) insulating materials which transmit contact pressure in terminals.

6.7 Encapsulation used for the exclusion of a potentially explosive atmosphere

Where a casting compound is used to exclude a potentially explosive atmosphere from components and intrinsically safe circuits, for example fuses, piezo-electric devices with their suppression components and energy storage devices with their suppression components, it shall conform to 6.4.4.

In addition, where a casting compound is used to reduce the ignition capability of hot components, for example diodes and resistors, the volume and thickness of the casting compound shall reduce the maximum surface temperature of the casting compound to the desired value.

7 Composants dont dépend la sécurité intrinsèque

7.1 Taux de travail

En fonctionnement normal comme après application des conditions de défaut définies à l'article 5, tous les composants restants dont dépend le mode de protection, à l'exception des dispositifs tels que transformateurs, coupe-circuits à fusibles, protections thermiques, relais et contacts, ne doivent pas travailler à plus des deux tiers de la valeur maximale de leur courant, tension ou puissance par rapport à leurs caractéristiques assignées, aux conditions de montage et à la gamme de températures spécifiées. Ces valeurs maximales assignées doivent être les caractéristiques assignées commerciales normales spécifiées par le fabricant du composant.

NOTE – Les transformateurs, les coupe-circuits à fusibles, les déclencheurs thermiques, les relais et les interrupteurs sont autorisés à fonctionner à leur taux de travail normal de manière à fonctionner correctement.

Des essais ou des évaluations détaillés de composants ou d'assemblages de composants pour déterminer les paramètres, par exemple tension et courant, sur lesquels les coefficients de sécurité sont appliqués ne doivent pas être effectués, puisque les facteurs de sécurité de 5.2 et 5.3 évitent le besoin d'essais ou d'évaluations détaillés. Par exemple une diode Zener spécifiée par son fabricant à 10 V + 10 % à 40 °C doit être considérée comme délivrant 11 V sans avoir à prendre en compte des effets tels qu'une élévation de tension due à un accroissement en température.

On devra aussi tenir compte des effets des conditions de montage et de la gamme de températures ambiantes spécifiées par le fabricant du matériel et par 5.2 de la CEI 60079-0:1998. Par exemple, dans le cas d'un semi-conducteur, la puissance dissipée ne doit pas dépasser les deux tiers de celle qui amènerait la jonction à sa température maximale dans les conditions de montage données.

7.2 Connecteurs pour connexions internes, cartes et composants enfichables

Ces connecteurs doivent être conçus de telle manière qu'une connexion incorrecte ou une intersetion avec d'autres connecteurs du même matériel électrique soit impossible à moins que cela ne conduise pas à une condition dangereuse ou que les connecteurs ne soient identifiés d'une manière telle que la connexion incorrecte est évidente.

Lorsque le mode de protection dépend d'une connexion, la défaillance à une résistance élevée ou l'ouverture de circuit d'une connexion doit être un défaut pris en compte conformément à l'article 5.

Lorsqu'un connecteur comporte des circuits mis à la terre et que le mode de protection dépend de la connexion à la terre, alors le connecteur doit être construit conformément à 6.6.

7.3 Coupe-circuits à fusibles

Lorsque des coupe-circuits à fusibles sont utilisés pour protéger d'autres composants, on doit supposer que $1,7 I_n$ circule continuellement. La caractéristique temps-courant du coupe-circuit à fusibles doit être telle que les caractéristiques en régime transitoire des composants protégés ne soient pas dépassées. Lorsque la caractéristique temps-courant n'est pas disponible dans les données du fabricant, un essai de type doit être effectué en conformité avec 10.12 sur au moins 10 échantillons. Cet essai montre la capacité de l'échantillon à supporter 1,5 fois tout transitoire qui peut se produire lorsque U_m est appliqué via le coupe-circuit à fusibles. Les coupe-circuits à fusibles situés en atmosphères explosives doivent être protégés conformément à 6.7.

7 Components on which intrinsic safety depends

7.1 Rating of components

In both normal operation and after application of the fault conditions given in clause 5, any remaining components on which the type of protection depends, except such devices as transformers, fuses, thermal trips, relays and switches, shall not operate at more than two-thirds of their maximum current, voltage and power related to the rating of the device, the mounting conditions and the temperature range specified. These maximum rated values shall be the normal commercial ratings specified by the manufacturer of the component.

NOTE – Transformers, fuses, thermal trips, relays and switches are allowed to operate at their normal ratings in order to function correctly.

Detailed testing or analysis of components and assemblies of components to determine the parameters, for example voltage and current, to which the safety factors are applied shall not be performed, since the factors of safety of 5.2 and 5.3 obviate the need for detailed testing or analysis. For example a Zener diode stated by its manufacturer to be 10 V + 10 % at 40 °C shall be taken to be 11 V maximum without the need to take into account effects such as voltage elevation due to rise in temperature.

Account shall also be taken of the effects of the mounting conditions and ambient temperature range specified by the manufacturer of the apparatus and by 5.2 of IEC 60079-0:1998. For example, in the case of a semiconductor the power dissipation shall not exceed two-thirds of that which will cause the maximum junction temperature to be reached under the particular mounting conditions.

7.2 Connectors for internal connections, plug-in cards and components

These connectors shall be designed in such a manner that an incorrect connection or interchangeability with other connectors in the same electrical apparatus is not possible unless it does not result in an unsafe condition or the connectors are identified in such a manner that incorrect connection is obvious.

Where the type of protection depends on a connection, the failure to a high resistance or open circuit of a connection shall be a countable fault in accordance with clause 5.

If a connector carries earthed circuits and the type of protection depends on the earth connection, then the connector shall be constructed in accordance with 6.6.

7.3 Fuses

Where fuses are used to protect other components, $1,7 I_n$ shall be assumed to flow continuously. The fuse time-current characteristics shall ensure that the transient ratings of protected components are not exceeded. Where the fuse time-current characteristic is not available from the manufacturer's data, a type test shall be carried out in accordance with 10.12 on at least 10 samples. This test shows the capability of the sample to withstand 1,5 times any transient which can occur when U_m is applied through a fuse. Fuses located in the explosive atmospheres shall be protected in accordance with 6.7.

Lorsque des coupe-circuits à fusibles sont encapsulés, le composé de moulage ne doit pas entrer à l'intérieur du coupe-circuit à fusibles. Cette prescription doit être satisfaite en testant des échantillons ou par une déclaration du constructeur du coupe-circuit à fusibles confirmant l'acceptabilité du coupe-circuit à fusibles pour l'encapsulage. Autrement, le coupe-circuit à fusibles doit être scellé avant l'encapsulage.

Les coupe-circuits à fusibles de protection des composants doivent être remplaçables seulement en ouvrant l'enveloppe du matériel. La désignation du type et les caractéristiques du coupe-circuit à fusibles I_n , ou les caractéristiques importantes pour la sécurité intrinsèque doivent être marquées à proximité du coupe-circuit à fusibles.

Les coupe-circuits à fusibles doivent avoir une tension assignée au moins égale à U_m (ou U_i pour les matériels et circuits de sécurité intrinsèque) bien qu'ils n'aient pas à être conformes au tableau 4. Les normes industrielles générales pour la construction des coupe-circuits à fusibles et des porte-fusibles doivent être appliquées et leur méthode de montage ne doit pas réduire les distances dans l'air, les lignes de fuite et les séparations fournies par le coupe-circuit à fusibles et son porte-fusible.

NOTE 1 – Les microfusibles conformes à la CEI 60127 sont acceptables.

Un coupe-circuit à fusibles doit être capable de couper le courant maximal présumé du circuit dans lequel il est installé. Dans le cas d'une alimentation électrique par le réseau n'excédant pas 250 V c.a., le courant présumé est considéré être normalement de 1 500 A c.a. Le pouvoir de coupure du coupe-circuit à fusibles est déterminé selon la CEI 60127 ou une norme équivalente.

NOTE 2 – Des courants présumés plus élevés peuvent être présents dans certaines installations, par exemple à des tensions plus élevées.

Lorsqu'un dispositif de limitation de courant est nécessaire pour limiter le courant présumé à une valeur inférieure au pouvoir de coupure assigné du coupe-circuit à fusibles, ce dispositif doit être infaillible conformément à l'article 7 et les valeurs assignées doivent être au moins:

- courant assigné: $1,5 \times 1,7 \times I_n$;
- tension assignée: U_m ou U_i ;
- puissance assignée: $1,5 \times (1,7 \times I_n)^2 \times$ résistance du dispositif de limitation.

7.4 Piles et accumulateurs

7.4.1 Généralités

Certains types de piles et accumulateurs, par exemple des types au lithium, peuvent exploser si elles sont court-circuitées ou soumises à une inversion de charge. Lorsqu'une telle explosion peut compromettre la sécurité intrinsèque, le fabricant doit confirmer que l'emploi de telles piles ou accumulateurs est sûr dans tout matériel de sécurité intrinsèque ou associé lorsque, selon le cas, 5.2 ou 5.3 est appliqué. Les documents et, si possible, le marquage relatifs au matériel doivent attirer l'attention sur les précautions de sécurité à observer.

NOTE – L'attention est attirée sur le fait que le fabricant de la pile ou de l'accumulateur précise souvent les précautions nécessaires pour la sécurité du personnel.

7.4.2 Fuite d'électrolyte

Les piles et accumulateurs doivent être d'un modèle ne pouvant pas présenter de fuite d'électrolyte, ou bien ils doivent être enfermés pour empêcher l'attaque par l'électrolyte des composants dont dépend la sécurité. Les piles et accumulateurs déclarés étanches (étanches au gaz) ou scellés (régulés par soupape) par le fabricant (voir 7.4.9) doivent être présumés satisfaire à cette règle. Les autres piles et accumulateurs doivent satisfaire aux prescriptions d'essai de 10.9.2, ou bien une confirmation écrite doit être obtenue du fabricant de la pile ou de l'accumulateur indiquant que le produit est conforme à 10.9.2. Si des piles et accumulateurs présentant des fuites d'électrolyte sont encapsulés conformément à 6.7, ils doivent être testés conformément à 10.9.2 après encapsulage.

Where fuses are encapsulated, the casting compound shall not enter the fuse interior. This requirement shall be satisfied by testing samples or by a declaration from the fuse manufacturer confirming acceptability of the fuse for encapsulation. Alternatively, the fuse shall be sealed prior to encapsulation.

Fuses used to protect components shall be replaceable only by opening the apparatus enclosure. The type designation and the fuse rating I_n , or the characteristics important to intrinsic safety shall be marked adjacent to the fuses.

Fuses shall have a rated voltage of at least U_m (or U_i in intrinsically safe apparatus and circuits) although they do not have to conform to table 4. General industrial standards for the construction of fuses and fuseholders shall be applied and their method of mounting shall not reduce the clearances, creepage distances and separations afforded by the fuse and its holder.

NOTE 1 – Microfuses conforming to IEC 60127 are acceptable.

A fuse shall be capable of interrupting the maximum prospective current of the circuit in which it is installed. For mains electricity supply systems not exceeding 250 V a.c., the prospective current shall normally be considered to be 1 500 A a.c. The breaking capacity of the fuse is determined according to IEC 60127 or an equivalent standard.

NOTE 2 – Higher prospective currents may be present in some installations, for example at higher voltages.

If a current-limiting device is necessary to limit the prospective current to a value not greater than the rated breaking capacity of the fuse, this device shall be infallible in accordance with clause 7 and the rated values shall be at least:

- current rating $1,5 \times 1,7 \times I_n$;
- voltage rating U_m or U_i ;
- power rating $1,5 \times (1,7 \times I_n)^2 \times$ resistance of limiting device.

7.4 Primary and secondary cells and batteries

7.4.1 General

Some types of cells and batteries, for example some lithium types, may explode if short-circuited or subjected to reverse charging. Where such an explosion could adversely affect intrinsic safety, the use of such cells and batteries must be confirmed by their manufacturer as being safe for use in any particular intrinsically safe or associated apparatus when 5.2 or 5.3, as appropriate, is applied. The documentation and, if practicable, the marking for the apparatus shall draw attention to the safety precautions to be observed.

NOTE – Attention is drawn to the fact that the cell or battery manufacturer often specifies precautions for the safety of personnel.

7.4.2 Electrolyte leakage

Either cells and batteries shall be of a type from which there can be no spillage of electrolyte or they shall be enclosed to prevent damage by the electrolyte to the component upon which safety depends. Cells and batteries declared as sealed (gas tight) or sealed (valve regulated) by their manufacturer (see 7.4.9) shall be deemed to satisfy this requirement. Other cells and batteries shall be tested in accordance with 10.9.2, or written confirmation shall be obtained from the cell/battery manufacturer that the product conforms to 10.9.2. If cells and batteries which leak electrolyte are encapsulated in accordance with 6.7, they shall be tested in accordance with 10.9.2 after encapsulation.

Les compartiments contenant des accumulateurs ou des piles qui peuvent être mis en charge à l'intérieur doivent être ventilés directement à l'extérieur du matériel.

7.4.3 Tensions des piles et accumulateurs

Lors des essais et évaluations, la tension de la pile ou de l'accumulateur doit être considérée comme la tension maximale que l'on peut obtenir en circuit ouvert avec une pile neuve ou un accumulateur neuf juste après une charge complète comme cela est spécifié au tableau 5. Lorsque la pile ou l'accumulateur n'est pas couvert par le tableau 5, il doit être testé conformément à 10.9 pour déterminer la tension maximale en circuit ouvert et la tension assignée doit être celle définie par le fabricant de la pile ou de l'accumulateur.

Tableau 5 – Tension des éléments

Type CEI	Type d'élément	Tension de crête en circuit ouvert vis-à-vis du risque d'inflammation par étincelle	Tension assignée pour l'évaluation de la température de surface des composants
		V	V
K	Cadmium-nickel	1,5	1,3
	Plomb-acide (sec)	2,35	2,2
	Plomb-acide (liquide)	2,67	2,2
L	Manganèse alcaline	1,65	1,5
M	Mercuré-zinc	1,37	1,35
N	Mercuré-dioxyde de manganèse-zinc	1,6	1,4
	Argent-zinc	1,63	1,55
S	Zinc-air	1,55	1,4
A	Lithium-dioxyde de manganèse	3,7	3,0
C	Zinc-dioxyde de manganèse (zinc-carbone Leclanché)	1,725	1,5
	Nickel-hydrure	1,6	1,3

7.4.4 Résistance interne d'une pile ou d'un accumulateur

La résistance interne d'une pile ou d'un accumulateur doit être déterminée selon 10.9.3.

7.4.5 Dispositifs de limitation de courant pour les batteries dans les matériels associés

Le compartiment de la batterie ou les moyens de fixation dans le matériel associé doivent être réalisés de manière que la batterie puisse être installée ou remplacée sans réduire la sécurité intrinsèque du matériel.

NOTE – Lorsqu'un dispositif de limitation de courant est nécessaire pour assurer la sécurité de la sortie de la batterie, il n'est pas prescrit que le dispositif de limitation fasse partie intégrante de la batterie.

7.4.6 Dispositifs de limitation de courant pour les batteries destinées à être utilisées et remplacées en atmosphères explosives

Lorsqu'une pile ou un accumulateur nécessitent des dispositifs de limitation de courant pour assurer la sécurité de la batterie elle-même, et sont conçus pour être utilisés et remplacés en atmosphère explosive, ils doivent former un ensemble complet remplaçable avec leurs dispositifs de limitation de courant. L'ensemble doit être encapsulé ou enfermé de telle manière que seules les bornes de sortie de sécurité intrinsèque et les bornes prévues pour la charge, convenablement protégées par sécurité intrinsèque (si elles sont fournies) soient accessibles.

Compartments containing cells or batteries which are charged within them shall be ventilated directly to the outside of the equipment.

7.4.3 Cell and battery voltages

For the purpose of evaluation and test, the cell/battery voltage shall be considered to be the maximum open circuit voltage attainable from either a new primary cell/battery or a secondary cell/battery just after a full charge as specified in table 5. When the cell or battery is not covered by table 5, it shall be tested in accordance with 10.9 to determine the maximum open circuit voltage, and the nominal voltage shall be that specified by the cell or battery manufacturer.

Table 5 – Cell voltages

IEC type	Cell type	Peak open-circuit voltage for spark ignition hazard	Nominal voltage for component surface temperature assessment
		V	V
K	Nickel-cadmium	1,5	1,3
	Lead-acid (dry)	2,35	2,2
	Lead-acid (wet)	2,67	2,2
L	Alkaline-manganese	1,65	1,5
M	Mercury-zinc	1,37	1,35
N	Mercury-manganese dioxide-zinc	1,6	1,4
	Silver-zinc	1,63	1,55
S	Zinc-air	1,55	1,4
A	Lithium-manganese dioxide	3,7	3,0
C	Zinc-manganese dioxide (zinc-carbon Leclanche)	1,725	1,5
	Nickel-hydride	1,6	1,3

7.4.4 Internal resistance of battery and cell

The internal resistance of a battery or cell shall be determined in accordance with 10.9.3.

7.4.5 Current-limiting devices for batteries in associated apparatus

The battery housing or means of attachment of associated apparatus shall be constructed so that the battery can be installed and replaced without adversely affecting the intrinsic safety of the apparatus.

NOTE – Where a current-limiting device is necessary to ensure the safety of the battery output, there is no requirement for the current-limiting device to be an integral part of the battery.

7.4.6 Current-limiting devices for batteries to be used and replaced in explosive atmospheres

Where a battery requires current-limiting devices to ensure the safety of the battery itself and is intended to be used and to be replaced in a hazardous atmosphere, it shall form a completely replaceable unit with its current-limiting devices. The unit shall be encapsulated or enclosed so that only the intrinsically safe output terminals and suitably protected intrinsically safe terminals for charging purposes (if provided) are exposed.

7.4.7 Dispositifs de limitation de courant des batteries destinées à être utilisées mais non remplacées en atmosphères explosives

Si la pile ou l'accumulateur exigeant des dispositifs de limitation de courant pour assurer la sécurité de la batterie elle-même ne sont pas conçus pour être remplacés en atmosphère dangereuse, ils doivent être protégés comme décrit en 7.4.6, ou alors ils peuvent être logés dans un compartiment avec des fermetures spéciales, par exemple celles spécifiés dans la CEI 60079-0. Il doivent aussi être conformes aux dispositions suivantes:

- a) le boîtier de la pile ou de l'accumulateur ou ses moyens de fixation doivent être prévus pour que la pile ou l'accumulateur puissent être installés et remplacés sans réduire la sécurité intrinsèque du matériel;
- b) le matériel électrique portatif ou le matériel transporté par une personne, tels que radio-récepteurs et émetteurs-récepteurs, doivent être soumis à l'essai de chute conformément à 23.4.3.2 de la CEI 60079-0:1998 sauf que l'essai de choc préliminaire doit être omis. La construction du matériel doit être considérée appropriée si l'essai n'aboutit pas à l'éjection ou à la séparation des piles ou accumulateurs du matériel de manière à annuler la sécurité intrinsèque du matériel ou de la batterie;
- c) le matériel doit avoir une plaque d'avertissement interdisant le remplacement de la batterie en atmosphère potentiellement explosive, par exemple «NE PAS REMPLACER LA BATTERIE EN ATMOSPHÈRE EXPLOSIVE».

7.4.8 Contacts externes de charge des batteries

Les ensembles de piles ou d'accumulateurs ayant des contacts externes pour la recharge doivent être équipés de moyens pour éviter le court-circuit ou pour éviter la possibilité que les piles ou accumulateurs délivrent aux contacts l'énergie capable de provoquer une inflammation lorsque deux contacts quelconques sont mis accidentellement en court-circuit. Cet objectif doit être atteint par l'une des dispositions suivantes:

- a) des diodes de blocage ou une résistance en série infaillible doivent être placées dans les circuits de charge. Pour la catégorie «ib», deux diodes, et pour la catégorie «ia», trois diodes doivent être utilisées. Soit le chargeur de batterie doit être un matériel associé soit les diodes ou la résistance doivent être protégées par un coupe-circuit à fusibles adéquat. Le coupe-circuit à fusibles doit soit être encapsulé soit ne pas être parcouru par un courant quand il est situé en atmosphère potentiellement explosive et que le circuit est évalué comme cela est requis par l'article 5;
- b) pour les matériels électriques du Groupe II, un degré de protection de l'enveloppe au moins égal à IP20 pour la protection appropriée du circuit de charge et une plaque d'avertissement interdisant la charge en atmosphère explosive doivent être prévus.

La tension maximale d'entrée U_m qui peut être appliquée aux bornes de connexion sans annuler la sécurité intrinsèque du matériel doit être marquée sur le matériel et spécifiée dans la documentation du certificat.

7.4.9 Construction de la batterie

Les possibilités d'inflammation par étincelle et la température de surface des piles et accumulateurs doivent être essayées et évaluées conformément à 10.9.3. La construction de la pile ou de l'accumulateur doit être de l'un des types suivants:

- a) piles ou accumulateurs (étanches au gaz);
- b) piles ou accumulateurs (régulés par soupape);

7.4.7 Current-limiting devices for batteries to be used but not replaced in explosive atmospheres

If the cell or battery requiring current-limiting devices to ensure the safety of the battery itself is not intended to be replaced in the hazardous area, it shall either be protected in accordance with 7.4.6 or alternatively it may be housed in a compartment with special fasteners, for example those specified by IEC 60079-0. It shall also conform to the following:

- a) the cell or battery housing or means of attachment shall be arranged so that the cell or battery can be installed and replaced without reducing the intrinsic safety of the apparatus;
- b) handheld electrical apparatus or electrical apparatus carried on the person, ready for use, such as radio receivers and transceivers shall be subjected to the drop test in accordance with 23.4.3.2 of IEC 60079-0:1998 except that the prior impact test shall be omitted. The construction of the apparatus shall be considered adequate if the test does not result in the ejection or separation of the cells from the apparatus in such a way as to invalidate the intrinsic safety of the apparatus or battery;
- c) the apparatus shall have a warning label against changing the battery in the potentially explosive atmosphere, for example "DO NOT REMOVE BATTERY IN A POTENTIALLY EXPLOSIVE ATMOSPHERE".

7.4.8 External contacts for charging batteries

Cell or battery assemblies with external charging contacts shall be provided with means to prevent short-circuiting or to prevent the cells and batteries from delivering ignition-capable energy to the contacts when any pair of the contacts is accidentally short-circuited. This shall be accomplished in one of the following ways:

- a) blocking diodes or an infallible series resistor shall be placed in the charging circuits. For category "ib" two diodes and for category "ia" three diodes shall be used. Either the battery charger shall be associated apparatus or the diodes or resistor shall be protected by an appropriately rated fuse. The fuse shall either be encapsulated or shall not carry any current when situated in a potentially explosive atmosphere and the circuit is assessed as required by clause 5;
- b) for Group II electrical apparatus, a degree of protection by enclosure of at least IP20 for the suitably protected charging circuit and a label warning against charging in the potentially explosive atmosphere shall be provided.

The maximum input voltage U_m which can be applied to these connection facilities without invalidating the intrinsic safety of the apparatus U_m shall be marked on the apparatus and stated in the certification documentation.

7.4.9 Battery construction

The spark ignition capability and surface temperature of cells and batteries shall be tested or assessed in accordance with 10.9.3. The cell or battery construction shall be one of the following types:

- a) sealed (gas-tight) cells or batteries;
- b) sealed (valve-regulated) cells or batteries;

- c) piles ou accumulateurs prévus pour être scellés d'une manière similaire à a) et b), à part le dispositif de relâchement de la pression. De telles piles ou accumulateurs ne doivent pas nécessiter d'addition d'électrolyte pendant leur vie et doivent avoir une enveloppe étanche métallique ou en plastique conforme à ce qui suit:
- 1) sans jonction ni joint, par exemple monobloc, enrubannée ou enrobée, jointe par fusion, par des méthodes eutectiques, étanchéifiée par soudage ou collage avec des dispositifs d'étanchéité en élastomère ou en matière plastique retenus sur la structure de l'enveloppe et maintenus en compression en permanence, par exemple rondelles et joints toriques,
 - 2) les parties d'enveloppes embouties, moulées, contractées ou pliées qui ne sont pas conformes aux caractéristiques ci-dessus, ou les parties utilisant des matériaux qui sont perméables aux gaz, par exemple à base de papier, ne doivent pas être considérées comme étanches,
 - 3) les scellements autour des bornes doivent être construits comme ci-dessus ou être des scellements coulés de composé thermodurcissable ou thermoplastique;
- d) piles ou accumulateurs encapsulés dans un composé de moulage spécifié par le fabricant du composé comme étant approprié pour l'utilisation avec l'électrolyte concerné et conforme à 6.7.

Une déclaration de conformité à a) ou b) doit être obtenue du fabricant de la pile ou de l'accumulateur et cela ne doit pas être vérifié par la station d'essai. La conformité à c) ou d) doit être effectuée par un examen physique de la pile ou de l'accumulateur et si nécessaire de ses plans de construction.

7.5 Semi-conducteurs

7.5.1 Effets transitoires

Dans les matériels associés, les dispositifs à semi-conducteurs doivent être capables de tenir la valeur crête de la tension alternative et la tension continue maximale divisée par une résistance série infaillible.

Dans un matériel de sécurité intrinsèque, tout effet transitoire produit dans le matériel et provenant de ses sources d'alimentation ne doit pas être pris en considération.

7.5.2 Limiteurs shunt de tension

Les semi-conducteurs peuvent être utilisés comme dispositifs shunt de limitation de tension sous réserve qu'ils satisfassent aux règles suivantes et que les régimes transitoires pertinents soient pris en compte.

Les semi-conducteurs doivent être capables de supporter, sans se couper, 1,5 fois le courant de court-circuit qui pourrait se produire à leur point d'installation s'ils se mettaient en court-circuit. Dans les cas ci-dessous, cela doit être confirmé, à partir des caractéristiques du fabricant pour:

- a) les diodes, les transistors associés à une diode, les thyristors, et les dispositifs équivalent à semi-conducteur, qui doivent avoir un courant direct assigné d'au moins 1,5 fois le courant maximal possible en court-circuit;
- b) les diodes Zener, qui doivent avoir les caractéristiques assignées suivantes:
 - 1) dans le sens Zener, 1,5 fois la puissance qui serait dissipée en fonctionnement Zener, et
 - 2) dans le sens direct, 1,5 fois le courant maximal qui les traverserait si elles étaient court-circuitées.

- c) cells or batteries which are intended to be sealed in a similar manner to items a) and b) apart from a pressure relief device. Such cells or batteries shall not require addition of electrolyte during their life and shall have a sealed metallic or plastics enclosure conforming to the following:
- 1) without seams or joints, for example solid-drawn, spun or moulded, joined by fusion, eutectic methods, welding or adhesives sealed with elastomeric or plastics sealing devices retained by the structure of the enclosure and held permanently in compression, for example washers and "o" rings,
 - 2) swaged, crimped, shrunk on or folded construction of parts of the enclosure which do not conform with the above or parts using materials which are permeable to gas, for example paper based materials, shall not be considered to be sealed,
 - 3) seals around terminals shall be either constructed as above or be poured seals of thermosetting or thermoplastic compound;
- d) cells or batteries encapsulated in a casting compound specified by the manufacturer of the casting compound as being suitable for use with the electrolyte concerned and conforming to 6.7.

A declaration of conformance to a) or b) shall be obtained from the manufacturer of the cell or battery and this shall not be checked by the testing station. Conformance to c) or d) shall be determined by physical examination of the cell or battery and where necessary its constructional drawings.

7.5 Semiconductors

7.5.1 Transient effects

In associated apparatus, semiconductor devices shall be capable of withstanding the peak of the a.c. voltage and the maximum d.c. voltage divided by any infallible series resistance.

In an intrinsically safe apparatus, any transient effects generated within that apparatus and from its power sources shall be ignored.

7.5.2 Shunt voltage limiters

Semiconductors may be used as shunt voltage limiting devices provided that they conform to the following requirements and provided that relevant transient conditions are taken into account.

Semiconductors shall be capable of carrying, without open-circuiting, 1,5 times the current which would flow at their place of installation if they failed in the short-circuit mode. In the following cases, this shall be confirmed from their manufacturer's data by:

- a) diodes, diode connected transistors, thyristors and equivalent semiconductor devices having a forward current rating of at least 1,5 times the maximum possible short-circuit current;
- b) Zener diodes being rated:
 - 1) in the Zener direction at 1,5 times the power that would be dissipated in the Zener mode, and
 - 2) in the forward direction at 1,5 times the maximum current that would flow if they were short-circuited.

Pour la catégorie «ia», l'utilisation de composants semi-conducteurs commandés comme dispositifs de limitation shunt de tension, par exemple des transistors, thyristors, régulateurs de tension/courant etc., est autorisée si les circuits d'entrée aussi bien que de sortie sont de sécurité intrinsèque ou s'il peut être prouvé qu'ils ne peuvent pas être soumis à des transitoires venant du réseau d'alimentation. Dans les circuits conformes aux dispositions ci-dessus, deux dispositifs sont considérés être un assemblage infaillible. Pour la catégorie «ia» trois thyristors peuvent être utilisés dans les matériels associés à condition que les conditions transitoires de 7.5.1 soient respectées. Les circuits utilisant des thyristors en shunt doivent également être essayés selon 10.4.3.3.

7.5.3 Limiteurs série de courant

L'emploi de trois diodes de blocage en série dans les circuits de catégorie «ia» est permis, cependant les autres semi-conducteurs et les dispositifs semi-conducteurs commandés ne doivent être utilisés comme dispositifs de limitation série de courant que dans les matériels de catégorie «ib».

NOTE – L'emploi des semi-conducteurs et des dispositifs semi-conducteurs commandés comme dispositifs de limitation de courant n'est pas permis pour le matériel de catégorie «ia» à cause de leur utilisation future probable dans des endroits où la présence continue ou fréquente d'une atmosphère explosive peut coïncider avec la possibilité d'un bref transitoire qui pourrait produire l'inflammation.

7.6 Défaillance de composants et de connexions

L'application de 5.2 et de 5.3 doit inclure ce qui suit:

- a) lorsqu'un composant n'a pas de caractéristiques assignées conformes à 7.1, sa défaillance doit être un défaut non pris en compte. Lorsqu'un composant a des caractéristiques assignées conformes à 7.1, sa défaillance doit être un défaut pris en compte;
- b) lorsqu'un défaut peut conduire à un ou des défauts secondaires, le premier défaut et les défauts secondaires doivent être considérés comme un défaut unique;
- c) la défaillance de résistances à toute valeur de résistance comprise entre le circuit ouvert et le court-circuit doit être prise en compte (mais voir 8.4);
- d) on doit considérer que les dispositifs à semi-conducteurs sont en défaut par court-circuit ou circuit ouvert ou de par l'état auquel ils peuvent être amenés par la défaillance d'autres composants. Pour le classement en température de surface, on doit prendre en compte la défaillance de tout dispositif à semi-conducteur dans la mesure où celui-ci dissipe alors la puissance maximale. Les circuits intégrés peuvent se mettre en défaut de manière telle que toute combinaison de courts-circuits ou de circuits ouverts peut exister entre leurs connexions externes. Bien que toute combinaison puisse être présumée, une fois qu'un défaut a été appliqué, il ne peut pas être changé, par exemple par application d'un second défaut. Sous cette condition de défaut, toute capacité et toute inductance connectées au dispositif doivent être considérées être dans le cas le plus défavorable de connexion à la suite du défaut;
- e) les connexions doivent être considérées se mettre en défaut en circuit ouvert, et si elles sont libres, elles peuvent se connecter à n'importe quelle partie du circuit dans le champ de leur mouvement. La rupture initiale est un défaut à prendre en compte et la reconnexion est un deuxième défaut à prendre en compte (mais voir 8.7);
- f) les distances dans l'air, les lignes de fuite et les distances de séparation doivent être prises en compte conformément à 6.4;
- g) la défaillance des condensateurs en circuit ouvert, en court-circuit et à toute valeur inférieure à leur valeur maximale spécifiée doit être prise en compte (mais voir 8.5);
- h) la défaillance d'inductances en circuit ouvert et à toute valeur entre la résistance nominale et le court-circuit mais seulement avec des rapports inductance/résistance plus faibles que celui obtenu à partir de la caractéristique de l'inductance doivent être prise en compte;
- i) la défaillance en circuit ouvert de tout conducteur ou toute piste de circuit imprimé, y compris ses connexions, doit être considérée comme un défaut unique pris en compte.

For category "ia", the application of controllable semiconductor components as shunt voltage limiting devices, for example transistors, thyristors, voltage/current regulators, etc., is permitted if both the input and output circuits are intrinsically safe circuits or where it can be shown that they cannot be subjected to transients from the power supply network. In circuits complying with the above, two devices are considered to be an infallible assembly. For category "ia", three thyristors may be used in associated apparatus provided the transient conditions of 7.5.1 are met. Circuits using shunt thyristors shall also be tested in accordance with 10.4.3.3.

7.5.3 Series current limiters

The use of three series blocking diodes in circuits of category "ia" is permitted, however, other semiconductors and controllable semiconductor devices shall be used as series current-limiting devices only in category "ib" apparatus.

NOTE – The use of semiconductors and controllable semiconductor devices as current-limiting devices is not permitted for category "ia" apparatus because of their probable future use in areas in which a continuous or frequent presence of an explosive atmosphere may coincide with the possibility of a brief transient which could cause ignition.

7.6 Failure of components and connections

The application of 5.2 and 5.3 shall include the following:

- a) where a component is not rated in accordance with 7.1, its failure shall be a non-countable fault. Where a component is rated in accordance with 7.1 its failure shall be a countable fault;
- b) where a fault can lead to a subsequent fault or faults, then the primary and subsequent faults shall be considered to be a single fault;
- c) the failure of resistors to any value of resistance between open circuit and short circuit shall be taken into account (but see 8.4);
- d) semiconductor devices shall be considered to fail to short circuit or to open circuit and to the state to which they can be driven by failure of other components. For surface temperature classification, failure of any semiconductor device to a condition where it dissipates maximum power shall be taken into account. Integrated circuits can fail so that any combination of short and open circuits can exist between their external connections. Although any combination can be assumed, once that fault has been applied it cannot be changed, for example by application of a second fault. Under this fault situation any capacitance and inductance connected to the device shall be considered in their most onerous connection as a result of the applied fault;
- e) connections shall be considered to fail to open circuit and, if free to move, may connect to any part of the circuit within the range of movement. The initial break is one countable fault and the reconnection is a second countable fault (but see 8.7);
- f) clearances, creepage and separation distances shall be taken into account in accordance with 6.4;
- g) failure of capacitors to open-circuit, short circuit and any value less than the maximum specified value shall be taken into account (but see 8.5);
- h) failure of inductors to open-circuit and any value between nominal resistance and short circuit but only to inductance to resistance ratios lower than that derived from the inductor specifications shall be taken into account;
- i) open-circuit failure of any wire or printed circuit track, including its connections, shall be considered as a single countable fault.

L'insertion de l'éclateur afin de simuler une interruption, un court-circuit ou un défaut de terre ne doit pas être considérée comme un défaut pris en compte mais comme un essai en fonctionnement normal.

Les connexions et les séparations infaillibles conformes à l'article 8 ne doivent pas être considérées comme produisant un défaut et l'éclateur ne doit pas être inséré en série avec de telles connexions ou en parallèle sur de telles séparations. Cependant, lorsque des connexions ou des séparations infaillibles ne sont pas encapsulées ni recouvertes par un revêtement en conformité avec l'article 6, ou ne maintiennent pas une intégrité d'enveloppe d'au moins IP20 lorsque les dispositifs de connexions sont accessibles, l'éclateur doit être inséré en série avec de telles connexions ou en parallèle sur de telles séparations.

7.7 Dispositifs piézoélectriques

Les dispositifs piézoélectriques doivent être essayés conformément à 10.11.

8 Composants infaillibles, ensembles infaillibles de composants et interconnexions infaillibles

8.1 Transformateurs de réseau

8.1.1 Défauts dans les enroulements

Les transformateurs de réseau infaillibles doivent être considérés comme n'étant pas capables de tomber en court-circuit entre un enroulement alimentant un circuit de sécurité intrinsèque et tout autre enroulement. Des courts-circuits dans les enroulements et des enroulements en circuit ouvert peuvent se produire. La combinaison de défauts qui provoquerait une augmentation de la tension de sortie ne doit pas être prise en considération.

8.1.2 Mesures de protection

Le circuit d'entrée des transformateurs de réseau destinés à l'alimentation des circuits de sécurité intrinsèque doit être protégé par un coupe-circuit à fusibles conforme aux prescriptions de 7.3 ou par un disjoncteur convenablement dimensionné.

Lorsque les enroulements d'entrée et de sortie sont séparés par un écran métallique relié à la terre (voir type de construction 2b) en 8.1.3), chaque conducteur d'entrée non relié à la terre doit être protégé par un coupe-circuit à fusibles ou par un disjoncteur.

Lorsqu'en plus du coupe-circuit à fusibles ou du disjoncteur un fusible thermique enrobé ou autre dispositif thermique est utilisé pour la protection contre la surchauffe du transformateur, un dispositif unique doit être suffisant.

Les coupe-circuits à fusibles, les ensembles porteurs, les disjoncteurs et les dispositifs thermiques doivent se conformer à une norme appropriée et reconnue. La conformité à la norme reconnue ne doit pas être vérifiée par l'autorité de certification.

8.1.3 Construction des transformateurs

Tous les enroulements d'alimentation des circuits de sécurité intrinsèque doivent être séparés des autres enroulements conformément à l'un des types de construction indiqués ci-après:

Pour la construction de type 1, les enroulements doivent être disposés

- a) soit sur une colonne du noyau les uns à côté des autres,
- b) soit sur des colonnes différentes du noyau.

Les enroulements doivent être séparés conformément au tableau 4.

Insertion of the spark test apparatus to effect an interruption, short circuit or earth fault shall not be considered as a countable fault but as a test in normal operation.

Infallible connections and separations in accordance with clause 8 shall not be considered as producing a fault and the spark test apparatus shall not be inserted in series with such connections or across such separations. However, where infallible connections and separations are not encapsulated or covered by a coating in accordance with clause 6 or do not maintain an enclosure integrity of at least IP20 when exposing connection facilities, the spark test apparatus shall be inserted in series with such connections or across such separations.

7.7 Piezo-electric devices

Piezo-electric devices shall be tested in accordance with 10.11.

8 Infallible components, infallible assemblies of components and infallible connections

8.1 Mains transformers

8.1.1 Winding faults

Infallible mains transformers shall be considered as not being capable of failing to a short circuit between any winding supplying an intrinsically safe circuit and any other winding. Short circuits within windings and open circuits of windings shall be considered to occur. The combination of faults which would result in an increased output voltage shall not be considered.

8.1.2 Protective measures

The input circuit of mains transformers intended for supplying intrinsically safe circuits shall be protected either by a fuse conforming to 7.3 or by a suitably rated circuit-breaker.

If the input and output windings are separated by an earthed metal screen (see type 2b) construction in 8.1.3), each non-earthed input line shall be protected by a fuse or circuit-breaker.

Where, in addition to the fuse or circuit-breaker, an embedded thermal fuse or other thermal device is used for protection against overheating of the transformer, a single device shall be sufficient.

Fuses, fuseholders, circuit-breakers and thermal devices shall conform to an appropriate recognized standard. Conformance with the recognized standard shall not be verified by the certification body.

8.1.3 Transformer construction

All windings for supplying intrinsically safe circuits shall be separated from all other windings by one of the following types of construction.

For type 1 construction, the windings shall be placed either

- a) on one leg of the core, side by side, or
- b) on different legs of the core.

The windings shall be separated in accordance with table 4.

Pour la construction du type 2, les enroulements doivent être bobinés les uns par dessus les autres avec

- a) soit une isolation solide entre enroulements conformément au tableau 4,
- b) soit un écran mis à la terre (constitué d'un clinquant de cuivre) entre les enroulements ou un enroulement équivalent en fils (écran bobiné). L'épaisseur du clinquant de cuivre ou de l'écran en fils doit être conforme au tableau 6.

NOTE – Cette précaution assure que, dans l'éventualité d'un court-circuit entre l'un quelconque des enroulements et l'écran, l'écran soit capable de supporter, sans rupture, le courant qui le traverserait jusqu'au fonctionnement du coupe-circuit à fusibles ou du disjoncteur.

Les tolérances du constructeur ne doivent pas réduire les valeurs du tableau 6 de plus de 10 % ou 0,1 mm, la plus petite des deux valeurs étant retenue.

Tableau 6 – Epaisseur minimale de l'écran en clinquant ou diamètre minimal du fil de l'écran en fonction du courant nominal du coupe-circuit à fusibles

Courant nominal du coupe-circuit	A	0,1	0,5	1	2	3	5
Epaisseur minimale de l'écran en clinquant	mm	0,05	0,05	0,075	0,15	0,25	0,3
Diamètre minimal du fil de l'écran bobiné	mm	0,2	0,45	0,63	0,9	1,12	1,4

L'écran en clinquant doit être muni de deux connexions de mise à la terre mécaniquement séparées, chacune d'elles dimensionnée pour supporter le courant maximal permanent qui la traverserait jusqu'au fonctionnement du coupe-circuit à fusibles ou du disjoncteur, par exemple, dans le cas d'un coupe-circuit à fusibles, $1,7 I_n$.

Un écran en fils comprend au moins deux couches de fils électriquement indépendantes, chacune d'elle munie d'une connexion de mise à la terre dimensionnée pour supporter le courant maximal permanent qui la traverserait jusqu'au fonctionnement du coupe-circuit à fusibles ou du disjoncteur. La seule prescription relative à l'isolation entre les couches est que cette isolation doit être capable de supporter l'essai à 500 V conformément à 10.6.

Les noyaux de tous les transformateurs de réseau doivent être munis d'une connexion de mise à la terre, à moins que cette mise à la terre ne soit pas nécessaire pour le mode de protection, par exemple lorsque des transformateurs à noyau isolé sont utilisés.

Les enroulements des transformateurs doivent être consolidés, par exemple par imprégnation ou par encapsulage.

8.1.4 Essais de type des transformateurs

Le transformateur avec ses dispositifs associés, par exemple coupe-circuits à fusibles, disjoncteurs, dispositifs thermiques et résistances reliés aux extrémités de l'enroulement, doit maintenir une séparation galvanique sûre entre la source d'alimentation en énergie et le circuit de sécurité intrinsèque, même lorsque l'un quelconque des enroulements de sortie est court-circuité et que tous les autres enroulements de sortie sont soumis à leur charge électrique assignée maximale.

For type 2 construction, the windings shall be wound one over another with either

- a) solid insulation in accordance with table 4 between the windings, or
- b) an earthed screen (made of copper foil) between the windings or an equivalent wire winding (wire screen). The thickness of the copper foil or the wire screen, shall be in accordance with table 6.

NOTE – This ensures that, in the event of a short circuit between any winding and the screen, the screen will withstand, without breakdown, the current which flows until the fuse or circuit-breaker functions.

Manufacturer's tolerances shall not reduce the values given in table 6 by more than 10 % or 0,1 mm, whichever is the smaller.

**Table 6 – Minimum foil thickness or minimum wire diameter of the screen
in relation to the rated current of the fuse**

Rating of the fuse	A	0,1	0,5	1	2	3	5
Minimum thickness of the foil screen	mm	0,05	0,05	0,075	0,15	0,25	0,3
Minimum diameter of the wire of the screen	mm	0,2	0,45	0,63	0,9	1,12	1,4

The foil screen shall be provided with two mechanically separate leads to the earth connection, each of which is rated to carry the maximum continuous current which could flow before the fuse or circuit-breaker operates, for example $1,7 I_n$ for a fuse.

A wire screen shall consist of at least two electrically independent layers of wire, each of which is provided with an earth connection rated to carry the maximum continuous current which could flow before the fuse or circuit-breaker operates. The only requirement of the insulation between the layers is that it shall be capable of withstanding a 500 V test in accordance with 10.6.

The cores of all mains supply transformers shall be provided with an earth connection, except where earthing is not required for the type of protection, for example when transformers with insulated cores are used.

The transformer windings shall be consolidated, for example by impregnation or encapsulation.

8.1.4 Transformer type tests

The transformer together with its associated devices, for example fuses, circuit breakers, thermal devices and resistors connected to the winding terminations, shall maintain a safe electrical isolation between the power supply and the intrinsically safe circuit even if any one of the output windings is short-circuited and all other output windings are subjected to their maximum rated electrical load.

Si une résistance en série est soit incorporée dans le transformateur, soit encapsulée avec le transformateur de manière telle qu'il n'y ait pas de parties actives nues entre le transformateur et la résistance, soit montée de manière à garantir les lignes de fuite et distances dans l'air indiquées au tableau 4, et si la résistance demeure dans le circuit après l'application de l'article 5, alors l'enroulement de sortie ne doit pas être considéré pouvoir se mettre en court-circuit, sauf au travers de la résistance.

L'isolement électrique de sécurité satisfait aux prescriptions si le transformateur supporte l'essai de type décrit ci-dessous et ensuite supporte une tension d'essai (voir 10.6) de $2 U_n + 1\,000\text{ V}$ ou de $1\,500\text{ V}$, selon la plus grande des deux valeurs, entre un quelconque des enroulements utilisés pour l'alimentation des circuits de sécurité intrinsèque et tous les autres enroulements, U_n étant la tension assignée la plus élevée de tout enroulement en essai.

Le courant d'entrée doit être ajusté à $1,7 I_n$ ou au courant permanent maximal que le disjoncteur conduira sans déclenchement. Pendant l'essai, ce courant doit être maintenu à cette valeur, à $\pm 10\%$ près. Le courant doit être ajusté par variation de la tension d'entrée jusqu'à la tension d'entrée assignée du transformateur. Lorsque cette limite est atteinte, l'essai doit se poursuivre en utilisant la tension d'entrée assignée.

L'essai doit se poursuivre pendant 6 h au moins ou jusqu'au déclenchement du fusible thermique non réarmable. Lorsqu'un fusible thermique à réenclenchement automatique est utilisé, la durée d'essai doit être prolongée jusqu'à 12 h au moins.

Pour les transformateurs de type 1 et de type 2a), la température des enroulements du transformateur ne doit pas dépasser la valeur permise par la classe de température définie dans la CEI 60085. La température des enroulements doit être mesurée conformément à 10.5.

Pour les transformateurs de type 2b) où l'isolement vis-à-vis de la terre des enroulements utilisés dans les circuits de sécurité intrinsèque est prescrit, la prescription ci-dessus s'applique. Cependant lorsque l'isolement vis-à-vis de la terre n'est pas prescrit, le transformateur doit être accepté sous réserve qu'il ne prenne pas feu.

8.1.5 Essais individuels des transformateurs de réseau

Chaque transformateur de réseau doit être essayé conformément à 11.2.

8.2 Transformateurs autres que les transformateurs de réseau

L'infailibilité et les modes de défaillances de ces transformateurs doivent être conformes à 8.1.

NOTE – Ces transformateurs peuvent être des transformateurs de couplage tels que ceux utilisés dans les circuits de transmission de signaux, ou des transformateurs pour d'autres fonctions, par exemple ceux utilisés pour les blocs convertisseurs.

La construction et les essais de ces transformateurs doivent être conformes à 8.1 sous réserve qu'ils doivent être essayés à leur charge maximale. Lorsqu'il n'est pas possible de faire fonctionner le transformateur en courant alternatif, chaque enroulement doit être soumis à un courant continu de $1,7 I_n$ dans l'essai de type décrit en 8.1.4. Cependant, l'essai diélectrique individuel conformément à 11.2 doit utiliser entre les enroulements d'entrée et de sortie, une tension réduite ayant une valeur efficace de $2 U_n + 1\,000\text{ V}$ ou $1\,500\text{ V}$, la plus grande des deux valeurs étant retenue.

Lorsque de tels transformateurs sont reliés à des circuits non de sécurité intrinsèque alimentés par le réseau, d'autres mesures de protection conformes à 8.1.2 ou un coupe-circuit à fusibles et une diode Zener doivent être mis en place dans la connexion d'alimentation conformément à 8.8 de manière qu'une puissance non définie n'annule pas l'infailibilité des distances dans l'air et des lignes de fuite du transformateur. La tension d'entrée assignée de 8.1.4 doit être celle de la diode Zener.

Where a series resistor is either incorporated within the transformer, or encapsulated with the transformer so that there is no bare live part between the transformer and the resistor, or mounted so as to provide creepage distances and clearances conforming to table 4, and if the resistor remains in circuit after the application of clause 5, then the output winding shall not be considered as subject to short circuit except through the resistor.

The requirement for safe electrical isolation is satisfied if the transformer passes the type test described below and subsequently withstands a test voltage (see 10.6) of $2 U_n + 1\,000\text{ V}$ or $1\,500\text{ V}$, whichever is the greater, between any winding(s) used to supply intrinsically safe circuits and all other windings, U_n being the highest rated voltage of any winding under test.

The input current shall be adjusted to $1,7 I_n$ or to the maximum continuous current which the circuit-breaker will carry without operating. During the test this current shall be maintained within $\pm 10\%$ of this value. The current shall be adjusted by varying the input voltage up to the rated voltage of the transformer. Where this limit is reached, the test shall proceed using the rated input voltage.

The test shall continue for at least 6 h or until the non-resetting thermal trip operates. When a self-resetting thermal trip is used, the test period shall be extended to at least 12 h.

For type 1 and type 2a) transformers, the transformer winding temperature shall not exceed the permissible value for the class of insulation given in IEC 60085. The winding temperature shall be measured in accordance with 10.5.

For type 2b) transformers where insulation from earth of the windings used in the intrinsically safe circuit is required, then the requirement shall be as above. However, if insulation from earth is not required, then the transformer shall be accepted providing that it does not burst into flames.

8.1.5 Routine test of mains transformers

Each mains transformer shall be tested in accordance with 11.2.

8.2 Transformers other than mains transformers

The infallibility and failure modes of these transformers shall conform to 8.1.

NOTE – These transformers can be coupling transformers such as those used in signal circuits or transformers for other purposes, for example those used for inverter supply units.

The construction and testing of these transformers shall conform to 8.1 except that they shall be tested at their maximum load. Where it is not practicable to operate the transformer under alternating current conditions, each winding shall be subjected to a direct current of $1,7 I_n$ in the type test of 8.1.4. However, the routine test in accordance with 11.2 shall use a reduced voltage between the input and output windings of $2 U_n + 1\,000\text{ V r.m.s.}$ or $1\,500\text{ V}$, whichever is the greater.

When such transformers are connected to non-intrinsically safe circuits derived from mains voltages, then either protective measures in accordance with 8.1.2 or a fuse and Zener diode shall be included at the supply connection in accordance with 8.8 so that unspecified power shall not impair the infallibility of the transformer creepage distances and clearances. The rated input voltage of 8.1.4 shall be that of the Zener diode.

8.3 Enroulements d'amortissement

Les enroulements d'amortissement réalisés par des spires en court-circuit pour réduire les effets d'inductance doivent être considérés comme non sujets à défaut par circuit ouvert si leur construction mécanique est fiable, par exemple les tubes métalliques sans soudure ou les enroulements de fil nu entièrement court-circuités par soudure.

8.4 Résistances de limitation de courant

Les résistances de limitation de courant doivent être de l'un des types suivants:

- a) type à couche;
- b) type bobiné comportant une protection destinée à éviter le déroulement du fil en cas de coupure;
- c) résistances déposées, telles que les résistances utilisées dans les circuits hybrides ou similaires, couvertes par un revêtement conforme à 6.4.8 ou encapsulées conformément à 6.4.4.

Une résistance infaillible de limitation de courant doit être considérée comme se mettant en défaut seulement en circuit ouvert, ce qui doit être considéré comme un défaut pris en compte.

Une résistance de limitation de courant doit être prévue, conformément aux prescriptions de 7.1, pour supporter au moins 1,5 fois la tension maximale et pour dissiper au moins 1,5 fois la puissance maximale qui peut survenir en fonctionnement normal et dans les conditions de défaut définies à l'article 5. Les défauts entre spires de résistances bobinées à enroulements revêtus, correctement dimensionnées, ne doivent pas être pris en compte. Le revêtement de l'enroulement doit être supposé avoir la valeur d'IRC appropriée conformément au tableau 4 pour les tensions assignées indiquées par le constructeur.

8.5 Condensateurs de blocage

Chacun des deux condensateurs en série d'un ensemble infaillible de condensateurs de blocage doit être considéré comme étant capable de se mettre en défaut par court-circuit ou circuit ouvert. La capacité de l'ensemble doit être prise à la valeur la plus défavorable de l'un ou l'autre condensateur et un facteur de sécurité de 1,5 doit être utilisé dans toute application de l'ensemble.

Les condensateurs de blocage doivent être d'un type à haute fiabilité à diélectrique solide. Les condensateurs électrolytiques ou au tantale ne doivent pas être utilisés. Les connexions externes de l'ensemble doivent être conformes à 6.4 mais ces prescriptions de séparation ne doivent pas être appliquées à l'intérieur des condensateurs de blocage.

L'isolation de chaque condensateur doit être conforme à l'essai diélectrique de 6.4.12. Lorsque des condensateurs de blocage sont utilisés entre des circuits de sécurité intrinsèque et des circuits non de sécurité intrinsèque, tous les transitoires possibles doivent être pris en compte.

Lorsqu'un tel ensemble est également conforme à 8.8, il doit être considéré comme réalisant une séparation galvanique infaillible pour le courant continu.

Les condensateurs connectés entre le châssis du matériel et un circuit de sécurité intrinsèque doivent être conformes à 6.4.12. Lorsque leur défaillance court-circuite un composant dont dépend la sécurité intrinsèque du circuit, ils doivent également être conformes aux prescriptions relatives aux condensateurs de blocage.

NOTE – L'utilisation normale des condensateurs connectés entre le châssis et le circuit est le filtrage des hautes fréquences.

8.3 Damping windings

Damping windings used as short-circuited turns to minimize the effects of inductance shall be considered not to be subject to open-circuit faults if they are of reliable mechanical construction, for example seamless metal tubes or windings of bare wire continuously short-circuited by soldering.

8.4 Current-limiting resistors

Current-limiting resistors shall be one of the following types:

- a) film type;
- b) wire wound type with protection to prevent unwinding of the wire in the event of breakage;
- c) printed resistors as used in hybrid and similar circuits covered by a coating conforming to 6.4.8 or encapsulated in accordance with 6.4.4.

An infallible current-limiting resistor shall be considered as failing only to an open-circuit condition which shall be considered as one countable fault.

A current-limiting resistor shall be rated in accordance with the requirements of 7.1, to withstand at least 1,5 times the maximum voltage and to dissipate at least 1,5 times the maximum power that can arise in normal operation and under the fault conditions defined in clause 5. Faults between turns of correctly rated wire wound resistors with coated windings shall not be taken into account. The coating of the winding shall be assumed to comply with the required CTI value in accordance with table 4 at its manufacturer's voltage rating.

8.5 Blocking capacitors

Either of the two series capacitors in an infallible arrangement of blocking capacitors shall be considered as being capable of failing to short or open circuit. The capacitance of the assembly shall be taken as the most onerous value of either capacitor and a safety factor of 1,5 shall be used in all applications of the assembly.

Blocking capacitors shall be of a high reliability solid dielectric type. Electrolytic or tantalum capacitors shall not be used. The external connections of the assembly shall comply with 6.4 but these separation requirements shall not be applied to the interior of the blocking capacitors.

The insulation of each capacitor shall conform to the electrical strength test of 6.4.12. Where blocking capacitors are used between intrinsically safe circuits and non-intrinsically safe circuits, all possible transients shall be taken into account.

Where such an assembly also conforms to 8.8, it shall be considered as providing infallible galvanic separation for direct current.

Capacitors connected between the frame of the apparatus and an intrinsically safe circuit shall conform to 6.4.12. Where their failure by-passes a component on which the intrinsic safety of the circuit depends, they shall also conform to the requirements for blocking capacitors.

NOTE – The normal purpose of capacitors connected between the frame and circuit is the rejection of high frequencies.

8.6 Montages en shunt de sécurité

8.6.1 Généralités

Un assemblage de composants doit être considéré comme montage en shunt de sécurité quand il assure la sécurité intrinsèque d'un circuit par utilisation de composants en dérivation.

Lorsque des diodes ou des diodes Zener sont utilisées comme composants en dérivation dans un montage en shunt de sécurité infaillible, elles doivent former au moins deux branches de diodes en parallèle. Les diodes doivent être capables de conduire le courant qui pourrait circuler à leur point d'installation si elles se mettaient en défaut par court-circuit.

Les connexions des composants en dérivation doivent être soit en conformité avec 8.7 soit réalisées de telle manière que, si l'une des branches en dérivation se déconnecte, le circuit ou le composant protégé se déconnecte en même temps.

NOTE 1 – Pour éviter l'inflammation par étincelle lorsqu'une connexion se rompt, un encapsulage en conformité avec 6.4.4 peut être prescrit.

NOTE 2 – Les composants en dérivation utilisés dans ces montages peuvent conduire en fonctionnement normal.

Lorsque les montages en shunt de sécurité sont soumis à des défauts en puissance définis seulement par une valeur de U_m , les composants qui les constituent doivent être dimensionnés en conformité avec 7.1. Lorsque les composants sont protégés par un coupe-circuit à fusibles, le coupe-circuit à fusibles doit être conforme à 7.3 et les composants doivent être prévus pour conduire un courant permanent de $1,7 I_n$ du coupe-circuit à fusibles. La capacité des composants en dérivation à résister aux transitoires doit être soit testée selon 10.12, soit évaluée par comparaison de la caractéristique de durée de fusion du coupe-circuit à fusibles en fonction du courant avec les caractéristiques de fonctionnement du dispositif.

Lorsqu'un montage en shunt de sécurité est fabriqué comme matériel individuel plutôt que comme partie d'un matériel plus important, la construction du montage doit être conforme à 9.2.

Lorsqu'on considère l'utilisation d'un montage en shunt de sécurité et d'un ensemble infaillible, les règles suivantes doivent être appliquées:

- a) l'une ou l'autre des deux branches en dérivation doit être considérée comme pouvant se mettre en défaut par circuit ouvert;
- b) la tension du montage doit être celle de la branche en dérivation ayant la tension la plus élevée;
- c) la défaillance par court-circuit de l'une ou l'autre branche doit être comptée comme un défaut;
- d) un coefficient de sécurité de 1,5 doit être utilisé dans la prise en compte de tous les défauts de 5.2 et 5.3;
- e) les circuits utilisant des thyristors en dérivation doivent être essayés conformément à 10.4.3.3.

8.6.2 Shunts de sécurité

Un montage en shunt de sécurité doit être considéré comme un shunt de sécurité lorsqu'il assure que les paramètres électriques d'un composant ou d'une partie d'un matériel de sécurité intrinsèque défini sont réduits à des valeurs qui n'annulent pas la sécurité intrinsèque.

Les shunts de sécurité doivent être soumis à l'analyse des transitoires prescrite lorsqu'ils sont connectés à des sources de puissance définies seulement par U_m conformément à 8.6.1, sauf lorsqu'ils sont utilisés comme suit:

- a) pour la limitation de la décharge des dispositifs de stockage d'énergie, par exemple des inductances ou dispositifs piézoélectriques;
- b) pour la limitation de la tension des dispositifs de stockage d'énergie, par exemple des condensateurs.

8.6 Shunt safety assemblies

8.6.1 General

An assembly of components shall be considered as a shunt safety assembly when it ensures the intrinsic safety of a circuit by the utilization of shunt components.

Where diodes or Zener diodes are used as the shunt components in an infallible shunt safety assembly, they shall form at least two parallel paths of diodes. Diodes shall be rated to carry the current which would flow at their place of installation if they failed in the short-circuit mode.

The connections of the shunt components shall either be in accordance with 8.7 or be arranged so that, if either of the shunt paths becomes disconnected, the circuit or component being protected becomes disconnected at the same time.

NOTE 1 – To prevent spark ignition when a connection breaks, encapsulation in accordance with 6.4.4 may be required.

NOTE 2 – The shunt components used in these assemblies may conduct in normal operation.

Where shunt safety assemblies are subjected to power faults specified only by a value of U_m , the components of which they are formed shall be rated in accordance with 7.1. Where the components are protected by a fuse, the fuse shall be in accordance with 7.3 and the components shall be assumed to carry a continuous current of $1,7 I_n$ of the fuse. The ability of the shunt components to withstand transients shall either be tested in accordance with 10.12 or be determined by comparison of the fuse-current time characteristic of the fuse and the performance characteristics of the device.

Where a shunt safety assembly is manufactured as an individual apparatus rather than as part of a larger apparatus, then the construction of the assembly shall be in accordance with 9.2.

When considering the utilization of a shunt safety assembly and an infallible assembly, the following shall be considered:

- a) either of the two shunt paths in the assembly shall be considered as failing to an open circuit condition;
- b) the voltage of the assembly shall be that of the highest voltage shunt path;
- c) the failure of either shunt path to short circuit shall be considered as one fault;
- d) a safety factor of 1,5 shall be used in the application of all the fault counts of 5.2 and 5.3;
- e) circuits using shunt thyristors shall be tested in accordance with 10.4.3.3.

8.6.2 Safety shunts

A shunt safety assembly shall be considered as a safety shunt when it ensures that the electrical parameters of a specified component or part of an intrinsically safe apparatus are controlled to values which do not invalidate intrinsic safety.

Safety shunts shall be subjected to the required analysis of transients when they are connected to power supplies defined only by U_m in accordance with 8.6.1, except when used as follows:

- a) for the limitation of the discharge from energy storing devices, for example inductors or piezo-electric devices;
- b) for the limitation of voltage to energy storing devices, for example capacitors.

Un ensemble de diodes connectées en pont et correctement dimensionnées doit être considéré comme un shunt de sécurité infaillible.

8.6.3 Shunts de limitation de tension

Un montage en shunt de sécurité doit être considéré comme un shunt de limitation de tension lorsqu'il garantit qu'un niveau défini de tension est appliqué à un circuit de sécurité intrinsèque.

Les shunts de limitation de tension doivent être soumis à l'analyse des transitoires prescrite lorsqu'ils sont connectés à des sources de puissance définies seulement par U_m conformément à 8.6.1, sauf lorsque le montage est alimenté à partir d'un des circuits suivants:

- a) un transformateur infaillible conforme à 8.1;
- b) une barrière de sécurité à diodes conforme à l'article 9;
- c) une batterie conforme à 7.4;
- d) un montage en shunt de sécurité infaillible conforme à 8.6.

8.7 Câblage et connexion

Un câblage, y compris ses connexions, qui constitue une partie du matériel doit être considéré comme infaillible vis-à-vis de la défaillance en circuit ouvert dans les cas suivants:

- a) pour les conducteurs
 - 1) lorsque deux conducteurs sont en parallèle, ou
 - 2) lorsqu'un conducteur unique a un diamètre d'au moins 0,5 mm et a une longueur libre inférieure à 50 mm ou est maintenu mécaniquement au voisinage de son point de connexion, ou
 - 3) lorsqu'un conducteur unique est du type multibrin ou flexible plat, a une section d'au moins 0,125 mm² (0,4 mm de diamètre), n'est pas soumis à des flexions en service et soit est de longueur inférieure à 50 mm soit est maintenu au voisinage de son point de connexion;
- b) pour les pistes de cartes imprimées
 - 1) lorsque deux pistes larges de 1 mm au minimum sont en parallèle, ou
 - 2) lorsqu'une piste unique a une largeur supérieure ou égale à 2 mm ou à 1 % de sa longueur, selon la plus grande des deux valeurs;
 - 3) lorsque chaque piste est formée d'un revêtement de cuivre ayant une épaisseur nominale d'au moins de 35 µm;
- c) pour les connexions (sauf les fiches, prises et bornes de raccordements)
 - 1) lorsqu'il y a deux connexions en parallèle, ou
 - 2) lorsqu'il y a une seule connexion soudée où le conducteur passe à travers la carte (y compris à travers un trou métallisé) et est recourbé avant soudure ou, sinon, soudé automatiquement, ou a une connexion emboutie ou est brasé ou soudé, ou
 - 3) lorsqu'il y a une seule connexion qui est vissée ou verrouillée et conforme à 6.6.

8.8 Composants présentant une isolation galvanique

Un composant isolant infaillible conforme aux prescriptions ci-après doit être considéré comme n'étant pas capable de se mettre en défaut par court-circuit au travers de la séparation infaillible.

An assembly of suitably rated bridge-connected diodes shall be considered as an infallible safety shunt.

8.6.3 Shunt voltage limiters

A shunt safety assembly shall be considered as a shunt voltage limiter when it ensures that a defined voltage level is applied to an intrinsically safe circuit.

Shunt voltage limiters shall be subjected to the required analysis of transients required when they are connected to power supplies defined only by U_m in accordance with 8.6.1, except when the assembly is fed from one of the following:

- a) an infallible transformer in accordance with 8.1;
- b) a diode safety barrier in accordance with clause 9;
- c) a battery in accordance with 7.4;
- d) an infallible shunt safety assembly in accordance with 8.6.

8.7 Wiring and connections

Wiring, including its connections which forms part of the apparatus, shall be considered as infallible against open circuit failure in the following cases:

- a) for wires:
 - 1) where two wires are in parallel, or
 - 2) where a single wire has a diameter of at least 0,5 mm and has an unsupported length of less than 50 mm or is mechanically secured adjacent to its point of connection, or
 - 3) where a single wire is of stranded or flexible ribbon type construction, has a cross-sectional area of at least 0,125 mm² (0,4 mm diameter), is not flexed in service and is either less than 50 mm long or is secured adjacent to its point of connection;
- b) for printed board tracks:
 - 1) where two tracks of minimum width 1 mm are in parallel, or
 - 2) where a single track is at least 2 mm wide or has a width of 1 % of its length, whichever is greater, and
 - 3) where each track is formed from copper cladding having a nominal thickness of not less than 35 µm;
- c) for connections (excluding plugs, sockets and terminals):
 - 1) where there are two connections in parallel, or
 - 2) where there is a single soldered joint in which the wire passes through the board (including through-plated holes) and is either bent over before soldering or, if not bent over, machine soldered or has a crimped connection or is brazed or welded, or
 - 3) where there is a single connection which is screwed or bolted and conforms to 6.6.

8.8 Galvanically separating components

An infallible isolating component conforming to the following shall be considered as not being capable of failing to a short circuit across the infallible separation.

Les composants isolants autres que les transformateurs et les relais, par exemple les optocoupleurs, doivent être considérés fournir une séparation infaillible entre circuits de sécurité intrinsèque séparés si les conditions suivantes sont respectées:

- a) les caractéristiques assignées du composant doivent être conformes à 7.1;
- b) avant l'application de U_m et de U_i , le composant doit supporter un essai diélectrique comme décrit en 6.4.12. La tension d'isolation assignée indiquée par le constructeur pour la séparation infaillible du composant en essai ne doit pas être inférieure à la tension d'essai prescrite en 6.4.12.

Lorsque la séparation est entre des circuits de sécurité intrinsèque et des circuits non de sécurité intrinsèque, les prescriptions du tableau 4 s'appliquent également à l'élément isolant, sous réserve qu'à l'intérieur des composants scellés tels que les optocoupleurs, les lignes 5, 6 et 7 ne s'appliquent pas. Les bornes du circuit non de sécurité intrinsèque doivent être pourvues de protection pour assurer que les caractéristiques assignées des composants conformes à 7.1 ne sont pas dépassées, à moins qu'il puisse être prouvé que les circuits connectés à ces bornes ne peuvent pas annuler la sécurité intrinsèque des composants. Généralement, la mise en place d'une seule diode Zener protégée par un coupe-circuit à fusibles convenablement dimensionné, capable de couper le courant crête présumé de l'alimentation, est considérée comme une protection suffisante. Pour cette disposition, le tableau 4 ne doit pas être appliqué au coupe-circuit à fusibles et à la diode Zener. La puissance assignée de la diode Zener doit être au moins de $1,7 I_n$ multiplié par la tension maximale de la diode Zener. Les normes générales industrielles de fabrication doivent être considérées suffisantes pour les coupe-circuits à fusibles et la méthode de montage, par exemple dans un ensemble porteur, ne doit pas réduire les distances dans l'air et les lignes de fuite procurées par le coupe-circuit lui-même.

Lorsque les composants de protection externes qui protègent les circuits de l'optocoupleur sont conformes aux articles 5, 6 et 7 de la présente norme, aucune distance interne n'est imposée entre les parties conductrices de l'émetteur et du récepteur de l'optocoupleur, sous réserve que les composants internes de l'optocoupleur en fonctionnement normal ou en cas de défauts appliqués aux circuits de sécurité intrinsèque et aux circuits non de sécurité intrinsèque, ne fonctionnent pas à plus des deux tiers de la puissance maximale admissible spécifiée par le constructeur.

Les relais de séparation galvanique doivent être conformes à 6.4.13 et tout enroulement doit être capable de dissiper la puissance maximale à laquelle il est connecté.

NOTE – La réduction des paramètres électriques de l'enroulement du relais selon 7.1 n'est pas imposée.

9 Barrières de sécurité à diodes

9.1 Généralités

Les diodes à l'intérieur d'une barrière de sécurité à diodes limitent la tension appliquée à un circuit de sécurité intrinsèque, et une résistance infaillible de limitation d'intensité placée en aval limite le courant qui peut parcourir le circuit. Ces assemblages sont prévus pour être utilisés comme interfaces entre les circuits de sécurité intrinsèque, et les circuits non de sécurité intrinsèque et doivent être soumis aux essais individuels de 11.1.

L'aptitude de la barrière de sécurité à supporter les défauts transitoires doit être testée conformément à 10.12.

Les barrières de sécurité comprenant seulement deux diodes ou deux séries de diodes mises bout à bout et utilisées en catégorie «ia» sont acceptables comme ensembles infaillibles conformément à 8.6, à condition que les diodes aient été soumises aux essais individuels spécifiés en 11.1.2.

Isolating components other than transformers and relays, for example optocouplers, shall be considered to provide infallible separation of separate intrinsically safe circuits if the following conditions are satisfied:

- a) the rating of the component shall be according to 7.1;
- b) before application of U_m and U_i the component shall withstand an electric strength test as described in 6.4.12. The manufacturer's rated isolation voltage for the infallible separation of the component under test shall be not less than the test voltage required by 6.4.12.

Where separation is between intrinsically safe and non-intrinsically safe circuits, the requirements of table 4 shall also apply to the isolating component except that, inside sealed devices, for example optocouplers, lines 5, 6 and 7 shall not apply. The non-intrinsically safe circuit terminals shall be provided with protection to ensure that the ratings of the components in accordance with 7.1 are not exceeded unless it can be shown that the circuits connected to these terminals cannot invalidate intrinsic safety of the components. Typically the inclusion of a single shunt Zener diode protected by a suitably rated fuse capable of interrupting the prospective peak current of the supply shall be considered as sufficient protection. For this purpose, table 4 shall not be applied to the fuse and Zener diode. The Zener diode power rating shall be at least $1,7 I_n$ times the diode maximum Zener voltage. General industrial standards of construction shall be considered adequate for fuses and the method of mounting, for example in a fuse holder, shall not reduce the clearances and creepage distances afforded by the fuse itself.

Where the external protective devices of the optocoupler comply with clauses 5, 6 and 7 of this standard, there is no requirement for the internal distance between the conductive parts of the emitter and receiver of the optocoupler, provided that the internal components of the optocoupler, when operating normally or with faults applied to the intrinsically safe circuits and non-intrinsically safe circuits, do not operate at more than two-thirds of the maximum permissible power specified by the manufacturer.

Galvanically separating relays shall conform to 6.4.13 and any winding shall be capable of dissipating the maximum power to which it is connected.

NOTE – Derating of the relay winding in accordance with 7.1 is not required.

9 Diode safety barriers

9.1 General

The diodes within a diode safety barrier limit the voltage applied to an intrinsically safe circuit and a following infallible current-limiting resistor limits the current which can flow into the circuit. These assemblies are intended for use as interfaces between intrinsically safe circuits and non-intrinsically safe circuits, and shall be subject to the routine test of 11.1.

The ability of the safety barrier to withstand transient faults shall be tested in accordance with 10.12.

Safety barriers containing only two diodes or diode chains and used for category "ia" shall be acceptable as infallible assemblies in accordance with 8.6, provided the diodes have been subjected to the routine tests specified in 11.1.2.

Pour les barrières à deux diodes de catégorie «ia», seule la défaillance d'une diode doit être prise en compte dans l'application de l'article 5.

9.2 Construction

9.2.1 Montage

La construction doit être telle que, lorsque des groupes de barrières sont montés ensemble, tout montage incorrect soit évident, par exemple en ayant une asymétrie de forme ou de couleur en fonction du montage.

9.2.2 Éléments de raccordement à la terre

En plus de tout élément de raccordement du circuit qui peut être mis au potentiel de terre, la barrière doit avoir au moins un élément de raccordement supplémentaire ou doit être munie d'un conducteur isolé ayant une section d'au moins 4 mm² pour la connexion supplémentaire de terre.

9.2.3 Protection des composants

L'assemblage doit être protégé contre toute intervention soit par encapsulage conformément à 6.4.4, soit par une enveloppe qui forme un bloc non réparable, afin d'éviter la réparation ou le remplacement d'un composant dont dépend la sécurité. L'assemblage complet doit former une entité unique.

10 Vérifications de type et essais de type

10.1 Essai d'inflammation à l'éclateur

10.1.1 Généralités

Tous les circuits nécessitant un essai à l'éclateur doivent être testés pour montrer qu'ils ne sont pas capables de provoquer une inflammation dans les conditions de l'article 5 pour la catégorie appropriée du matériel.

Les conditions normales et les conditions de défaut doivent être simulées durant les essais. Les coefficients de sécurité doivent être pris en compte comme décrit à l'annexe A. L'éclateur doit être inséré dans le circuit en essai en tout point où l'on estime qu'une interruption, un court-circuit ou un défaut à la terre peut se produire. L'éclateur doit fonctionner dans une enceinte remplie avec le mélange le plus inflammable du gaz d'essai avec l'air, dans les limites spécifiées en 10.2, comme déterminé par étalonnage selon 10.3.

Un circuit peut être dispensé d'un essai de type à l'éclateur si sa structure et ses paramètres électriques sont suffisamment bien définis pour que l'on puisse déduire son caractère de sécurité d'après les courbes de référence, les figures A.1 à A.6 ou les tableaux A.1 et A.2, par les méthodes décrites à l'annexe A.

Lorsque les tensions et les courants sont spécifiés sans tolérance précise, une tolérance de $\pm 1\%$ doit être utilisée.

NOTE – Un circuit évalué à l'aide des courbes et des tableaux de référence peut provoquer une inflammation lorsqu'il est testé par l'éclateur. La sensibilité de l'éclateur varie, et les courbes et tableaux sont issus d'un grand nombre d'essais. L'évaluation utilisant les courbes et les tableaux est plus logique et prend le pas sur les résultats expérimentaux.

In category "ia" two-diode barriers, only the failure of one diode shall be taken into account in the application of clause 5.

9.2 Construction

9.2.1 Mounting

The construction shall be such that, when groups of barriers are mounted together, any incorrect mounting is obvious, for example by being asymmetrical in shape or colour in relation to the mounting.

9.2.2 Facilities for connection to earth

In addition to any circuit connection facility which may be at earth potential, the barrier shall have at least one more connection facility or shall be fitted with an insulated wire having a cross-sectional area of at least 4 mm² for the additional earth connection.

9.2.3 Protection of components

The assembly shall be protected against access, in order to prevent repair or replacement of any components on which safety depends either by encapsulation in accordance with 6.4.4 or by an enclosure which forms a non-recoverable unit. The entire assembly shall form a single entity.

10 Type verifications and type tests

10.1 Spark ignition test

10.1.1 General

All circuits requiring spark ignition testing shall be tested to show that they are incapable of causing ignition under the conditions specified in clause 5 for the appropriate category of apparatus.

Normal and fault conditions shall be simulated during the tests. Safety factors shall be taken into account as described in annex A. The spark test apparatus shall be inserted in the circuit under test at each point where it is considered that an interruption, short circuit, or earth fault may occur. The spark test apparatus shall be operated in a chamber filled with the most readily ignited mixture of the test gas with air, within the limits specified in 10.2, as determined by calibration in accordance with 10.3.

A circuit may be exempted from a type test with the spark-test apparatus if its structure and its electrical parameters are sufficiently well defined for its safety to be deduced from the reference curves, figures A.1 to A.6 or tables A.1 and A.2, by the methods described in annex A.

Where voltages and currents are specified without specific tolerances, a tolerance of ± 1 % is to be used.

NOTE – A circuit assessed using the reference curves and tables may cause ignition when tested using the spark test apparatus. The sensitivity of the spark test apparatus varies, and the curves and tables are derived from a large number of such tests. The assessment using the curves and tables is more consistent and takes precedence over the experimental results.

10.1.2 Eclateur d'essai

L'éclateur d'essai doit être celui qui est décrit à l'annexe B, sauf lorsque l'annexe B indique qu'il n'est pas adapté. Dans ces circonstances, un autre appareil d'essai de sensibilité équivalente doit être utilisé et la justification de son emploi doit être incluse dans le compte rendu.

L'emploi de l'éclateur pour produire des courts-circuits, des interruptions et des défauts à la terre doit être un essai de fonctionnement normal et est un défaut non pris en compte

- aux organes de raccordement,
- aux connexions internes ou aux bornes de lignes de fuites internes, distances dans l'air, distances au travers d'un enrobage ou d'un isolant solide, non conformes au tableau 4.

L'éclateur ne doit pas être utilisé

- aux bornes des séparations infaillibles ou en série avec des connexions infaillibles,
- aux bornes des lignes de fuite, distances dans l'air, distances au travers de l'enrobage et distances au travers d'une isolation solide conformes au tableau 4,
- dans les matériels associés autres que les bornes de raccordement de sécurité intrinsèque du circuit,
- entre les bornes de raccordement de circuits séparés conformes à 6.3.1, à part les exceptions décrites en 7.6i).

10.2 Mélanges d'essais explosifs

Les mélanges d'essais explosifs suivants doivent être utilisés selon le groupe spécifié pour le matériel en essai:

Groupe I	8,0 % à 8,6 % de méthane dans l'air
Groupe IIA	5,0 % à 5,5 % de propane dans l'air
Groupe IIB	7,3 % à 8,3 % d'éthylène dans l'air
Groupe IIC	19 % à 23 % d'hydrogène dans l'air

Dans des cas spéciaux, le matériel qui doit être essayé et qui est marqué pour être utilisé dans un gaz ou une vapeur particulière doit être essayé en présence du mélange le plus facilement inflammable de ce gaz ou de cette vapeur dans l'air.

Lorsqu'un mélange d'essai plus sévère est utilisé pour obtenir le coefficient de sécurité, sa composition doit être celle indiquée en 10.4.2.

NOTE – La pureté des gaz et vapeurs commercialement disponibles est en général suffisante pour ces essais, mais il convient de ne pas utiliser ceux dont la pureté est inférieure à 95 %. Les effets des variations normales de la température du laboratoire et de la pression atmosphérique, ainsi que ceux de l'humidité de l'air dans le mélange explosif gazeux paraissent négligeables. Tout effet notable de ces variations se manifesterait au cours des étalonnages de routine de l'éclateur.

10.3 Etalonnage de l'éclateur

La sensibilité de l'éclateur doit être vérifiée avant chaque série d'essais conformément à 10.4. A cette fin, l'éclateur doit être mis en service dans un circuit alimenté sous une tension continue de 24 V dans lequel est insérée une inductance à air de 0,09 H à 0,1 H. Le courant dans ce circuit doit être réglé à la valeur indiquée au tableau 7 pour le groupe approprié, ou à cette valeur divisée par le facteur de sécurité lorsqu'un mélange d'essai plus facilement inflammable est utilisé.

10.1.2 Spark test apparatus

The spark test apparatus shall be that described in annex B except where annex B indicates that it is not suitable. In these circumstances, an alternative test apparatus of equivalent sensitivity shall be used and justification for its use shall be included in the definitive documentation.

The use of the spark test apparatus to produce short circuits, interruptions and earth faults shall be a test of normal operation and is a non-countable fault

- at connection facilities,
- at internal connections or across internal creepage distances, clearances, distances through casting compound and distances through solid insulation not conforming to table 4.

The spark test apparatus shall not be used:

- across infallible separations, or in series with infallible connections,
- across creepage distances, clearances, distances through casting compound and distances through solid insulation conforming to table 4,
- within associated apparatus other than at its intrinsically safe circuit terminals,
- between terminals of separate circuits conforming to 6.3.1, apart from the exceptions described in 7.6i).

10.2 Explosive test mixtures

The following explosive test mixtures shall be used according to the stated apparatus group which is being tested:

Group I	8,0 % to 8,6 % methane in air
Group IIA	5,0 % to 5,5 % propane in air
Group IIB	7,3 % to 8,3 % ethylene in air
Group IIC	19 % to 23 % hydrogen in air

In special cases, apparatus which is to be tested and marked for use in a particular gas or vapour shall be tested in the most easily ignited concentration of that gas or vapour in air.

Where a more severe test mixture is used to achieve a factor of safety, its composition shall be as given in 10.4.2.

NOTE – The purity of commercially available gases and vapours is normally adequate for these tests, but those of purity less than 95 % should not be used. The effect of normal variations in laboratory temperature and air pressure and of the humidity of the air in the explosive test mixture is also likely to be small. Any significant effects of these variations will become apparent during the routine calibration of the spark test apparatus.

10.3 Calibration of the spark test apparatus

The sensitivity of the spark test apparatus shall be checked before each test series carried out in accordance with 10.4. For this purpose, the test apparatus shall be operated in a 24 V d.c. circuit containing a 0,09 H to 0,1 H air-cored coil. The current in this circuit shall be set at the value given in table 7 for the appropriate group, or to this value divided by the factor of safety when a more easily ignited test gas is used.

Tableau 7 – Courant dans le circuit d'étalonnage

Groupe de matériel	Courant mA
I	110 – 111
IIA	100 – 101
IIB	65 – 66
IIC	30 – 30,5

L'éclateur doit fonctionner sur pas moins de 400 tours et pas plus de 440 tours du porte-fils de tungstène, ce dernier étant relié au pôle positif de la source. La sensibilité doit être considérée comme suffisante s'il se produit au moins une inflammation du mélange d'essai explosif.

10.4 Essai à l'éclateur

10.4.1 Circuit d'essai

On choisit, pour le circuit d'essai, les paramètres les plus susceptibles de provoquer l'inflammation, en prenant en compte les tolérances conformément à l'article 7 et une variation de 10 % de la tension d'alimentation du secteur.

L'éclateur doit être inséré, dans le circuit soumis aux essais, en tout point où l'on estime qu'une interruption ou une interconnexion peut se produire. Les essais doivent être effectués lorsque le circuit fonctionne normalement et également en présence d'un ou deux défauts, conformément à la catégorie du matériel électrique définie à l'article 5, et avec les valeurs maximales de capacité (C_0) et d'inductance (L_0) externes, ou du rapport inductance sur résistance (L_0/R_0) pour lesquelles le matériel est prévu.

Chaque circuit doit être testé pour le nombre de tours indiqué ci-après, avec une tolérance de $^{+10}_0$ % du support de fils de l'éclateur:

- pour les circuits à courant continu, 400 tours (5 min), soit 200 tours pour chaque polarité;
- pour les circuits alternatifs, 1 000 tours (12,5 min);
- pour les circuits capacitifs, 400 tours (5 min), soit 200 tours pour chaque polarité. Des précautions doivent être prises pour s'assurer que la capacité dispose d'un temps de recharge suffisant (au moins trois fois la constante de temps). La durée normale de recharge est environ de 20 ms et, lorsque celle-ci est inadaptée, elle doit être augmentée en enlevant un ou plusieurs des fils ou en ralentissant la vitesse de rotation de l'éclateur. Lorsque des fils sont enlevés, le nombre de tours doit être augmenté de manière à maintenir le même nombre d'étincelles.

Après chaque essai selon a), b), ou c), l'étalonnage de l'éclateur doit être repris. Si l'étalonnage ne satisfait pas aux exigences de 10.3, l'essai à l'éclateur du circuit en évaluation doit être considéré comme nul.

10.4.2 Coefficients de sécurité

NOTE – Le but de l'application d'un coefficient de sécurité est d'assurer soit qu'un essai de type ou une évaluation sont effectués avec un circuit qui est indiscutablement plus susceptible de provoquer l'inflammation que l'original, soit que le circuit d'origine est essayé dans un mélange gazeux plus facilement inflammable. En général, il n'est pas possible d'obtenir une équivalence exacte entre les différentes méthodes d'obtention d'un coefficient de sécurité défini, mais les méthodes suivantes fournissent des choix acceptables.

Table 7 – Current in the calibration circuit

Apparatus group	Current mA
I	110 – 111
IIA	100 – 101
IIB	65 – 66
IIC	30 – 30,5

The spark test apparatus shall be run at not less than 400 and not more than 440 revolutions of the contact holder with the wire holder at positive polarity. The sensitivity shall be considered to be satisfactory if at least one ignition of the explosive test mixture occurs.

10.4 Tests with the spark test apparatus

10.4.1 Circuit test

The circuit to be tested shall be based on the most incendive circuit that can arise, tolerated in accordance with clause 7 and taking into account a 10 % variation in the mains supply voltage.

The spark test apparatus shall be inserted in the circuit under test at each point where it is considered that an interruption or interconnection may occur. Tests shall be made with the circuit in normal operation, and also with one or two faults, as appropriate to the category of electrical apparatus in accordance with clause 5, and with the maximum values of the external capacitance (C_0) and inductance (L_0) or inductance to resistance ratio (L_0/R_0) for which the apparatus is designed.

Each circuit shall be tested for the following number of revolutions, with a tolerance of $^{+10}_0$ % of the wire holder in the spark test apparatus:

- for d.c. circuits, 400 revolutions (5 min), 200 revolutions at each polarity;
- for a.c. circuits, 1 000 revolutions (12,5 min);
- for capacitive circuits, 400 revolutions (5 min), 200 revolutions at each polarity. Care shall be taken to ensure that the capacitor has sufficient time to recharge (at least three time constants). The normal time for recharge is about 20 ms and where this is inadequate it shall be increased by removing one or more of the wires or by slowing the speed of rotation of the spark test apparatus. When wires are removed, the number of revolutions shall be increased to maintain the same number of sparks.

After each test in accordance with a), b) or c) calibration of the spark test apparatus shall be repeated. If the calibration does not conform to 10.3, the ignition test on the circuit under investigation shall be considered invalid.

10.4.2 Safety factors

NOTE – The purpose of the application of a safety factor is to ensure either that a type test or assessment is carried out with a circuit which is demonstrably more likely to cause ignition than the original, or that the original circuit is tested in a more readily ignited gas mixture. In general, it is not possible to obtain exact equivalence between different methods of achieving a specified factor of safety, but the following methods provide acceptable alternatives.

Le coefficient de sécurité de 1,5 doit être obtenu par l'une des deux méthodes suivantes:

- a) augmentation de la tension du réseau (système d'alimentation électrique) jusqu'à 110 % de sa valeur nominale pour tenir compte des variations du secteur, ou réglage des autres tensions par exemple batteries, alimentations de puissance et dispositifs de limitation de tension à la valeur maximale conformément à l'article 7, puis:
 - 1) pour les circuits inductifs et résistifs, augmentation du courant à 1,5 fois le courant de défaut en diminuant la valeur de la résistance de limitation. Si le facteur de 1,5 ne peut être atteint, augmenter la tension;
 - 2) pour les circuits capacitifs, augmentation de la tension pour obtenir 1,5 fois la tension de défaut. En variante, lorsqu'une résistance de limitation de courant infaillible est utilisée avec un condensateur, le condensateur est considéré comme une batterie et le circuit comme résistif.

Lorsqu'on utilise les courbes des figures A.1 à A.6 ou les tableaux A.1 et A.2 pour l'évaluation, la même méthode doit être utilisée.

- b) utilisation de mélanges plus facilement inflammables conformément au tableau 8. Ces mélanges doivent être mesurés pour confirmer qu'ils sont précis à $\pm 0,5$ près.

Tableau 8 – Composition des mélanges équivalant à un coefficient de sécurité de 1,5

Groupe de matériel	Composition des mélanges d'essais explosifs % volume				
	Mélange oxygène-hydrogène-air			Mélange oxygène-hydrogène	
	Hydrogène	Air	Oxygène	Hydrogène	Oxygène
I	52	48	–	85	15
IIA	48	52	–	81	19
IIB	38	62	–	75	25
IIC	30	53	17	60	40

10.4.3 Remarques sur les essais

10.4.3.1 Généralités

Les essais d'inflammation par étincelles doivent être effectués avec un circuit modifié pour donner les conditions les plus inflammables. Pour les circuits simples du type pour lequel les courbes des figures A.1 à A.6 s'appliquent, un essai de court-circuit est l'essai le plus sévère. Pour les circuits plus complexes, les conditions varient et un essai en court-circuit peut ne pas être la condition la plus sévère. Par exemple, pour les sources d'alimentation à tension constante limitées en courant, la condition la plus sévère se produit normalement lorsqu'une résistance est placée en série à la sortie de la source d'alimentation et limite le courant au maximum qui peut être débité sans réduction en tension.

10.4.3.2 Circuits comportant à la fois inductance et condensateur

Lorsqu'un circuit contient de l'énergie emmagasinée simultanément dans une inductance et un condensateur, il peut être difficile d'évaluer un tel circuit à partir des courbes des figures A.1 à A.6, par exemple lorsque l'énergie emmagasinée dans un condensateur peut renforcer la source de puissance alimentant une inductance. Le circuit doit être essayé avec la combinaison de capacité et d'inductance.

The safety factor of 1,5 shall be obtained by one of the following methods:

- a) increase the mains (electrical supply system) voltage to 110 % of the nominal value to allow for mains variations, or set other voltages, for example batteries, power supplies and voltage limiting devices at the maximum value in accordance with clause 7, then:
 - 1) for inductive and resistive circuits, increase the current to 1,5 times the fault current by decreasing the values of limiting resistance, if the 1,5 factor cannot be obtained, further increase the voltage;
 - 2) for capacitive circuits, increase the voltage to obtain 1,5 times the fault voltage. Alternatively when an infallible current-limiting resistor is used with a capacitor, consider the capacitor as a battery and the circuit as resistive.

When using the curves in figures A.1 to A.6 or tables A.1 and A.2 for assessment, this same method shall be used.

- b) use the more easily ignited explosive test mixtures in accordance with table 8. These mixtures shall be measured to confirm that they are within ± 0.5 of the quoted values.

Table 8 – Compositions of explosive test mixtures equivalent to 1,5 safety factor

Gaz group	Compositions of explosive test mixtures Volume %				
	Oxygen-hydrogen-air mixture			Oxygen-hydrogen mixture	
	Hydrogen	Air	Oxygen	Hydrogen	Oxygen
I	52	48	–	85	15
IIA	48	52	–	81	19
IIB	38	62	–	75	25
IIC	30	53	17	60	40

10.4.3 Testing considerations

10.4.3.1 General

Spark ignition tests shall be carried out with the circuit arranged to give the most incensive conditions. For simple circuits of the types for which the curves in figures A.1 to A.6 apply, a short-circuit test is the most onerous. For more complex circuits, the conditions vary and a short-circuit test may not be the most onerous, for example, for constant voltage current-limited power supplies, the most onerous condition usually occurs when a resistor is placed in series with the output of the power supply and limits the current to the maximum which can flow without any reduction in voltage.

10.4.3.2 Circuits with both inductance and capacitance

Where a circuit contains energy stored in both capacitance and inductance, it may be difficult to assess such a circuit from the curves in figures A.1 to A.6, for example where the capacitive stored energy may reinforce the power source feeding an inductor. The circuit shall be tested with the combination of capacitance and inductance.

10.4.3.3 Circuits utilisant la protection par shunt de court-circuit (éclateur à décharge)

Après que la tension de sortie est stabilisée, le circuit doit être incapable de provoquer l'inflammation dans les conditions de l'article 5 appropriées pour la catégorie du matériel. En outre, lorsque le mode de protection dépend du fonctionnement de l'éclateur à décharge provoqué par des défaillances d'autres circuits, l'énergie de passage de l'éclateur à décharge pendant le fonctionnement ne doit pas dépasser les valeurs suivantes pour le groupe approprié:

- pour le matériel du Groupe IIC 20 μ J
- pour le matériel du Groupe IIB 80 μ J
- pour le matériel du Groupe IIA 160 μ J
- pour le matériel du Groupe I 260 μ J

Les essais d'inflammation avec l'éclateur n'étant pas adaptés au cas des essais d'énergie de passage de l'éclateur à décharge, cette énergie de passage doit être évaluée, par exemple à partir de mesures à l'oscilloscope.

10.4.4 Résultats des essais à l'éclateur

Aucune inflammation ne doit se produire dans toute la série d'essais pour tous les points d'essai choisis.

10.5 Essais en température

Toutes les données relatives à la température doivent être rapportées à une température ambiante de référence de 40 °C ou à la température ambiante maximale marquée sur le matériel. Les essais ayant une température ambiante de référence doivent être exécutés à toute température ambiante comprise entre 20 °C et la température ambiante de référence. La différence entre la température ambiante à laquelle l'essai a été effectué et la température de référence doit alors être ajoutée à la température mesurée, à moins que les caractéristiques en température du composant ne soient non linéaires, comme c'est le cas pour les batteries. Si l'échauffement est mesuré à la température ambiante de référence, cette valeur doit être utilisée pour déterminer le classement en température.

La température doit être mesurée par tout moyen convenable. L'élément de mesure ne doit pas provoquer un abaissement de la température mesurée. Une méthode acceptable pour déterminer la montée en température d'un enroulement est la suivante:

- mesure de la résistance de l'enroulement avec l'enroulement à la température ambiante enregistrée;
- application du ou des courants d'essai et mesure de la résistance maximale de l'enroulement, et enregistrement de la température ambiante au moment de la mesure;
- calcul de l'échauffement à partir de l'équation suivante:

$$t = \frac{R}{r} (k + t_1) - (k + t_2)$$

où

t est l'échauffement, en kelvins;

r est la résistance de l'enroulement à la température ambiante t_1 , en ohms;

R est la résistance maximale de l'enroulement soumis aux conditions d'essai en courant, en ohms;

t_1 est la température ambiante, en degrés Celsius, lorsque r est mesurée;

t_2 est la température, en degrés Celsius, lorsque R est mesurée;

k est l'inverse du coefficient de température de la résistance de l'enroulement à 0 °C et a la valeur de 234,5 K pour le cuivre.

10.4.3.3 Circuits using shunt short-circuit (crowbar) protection

After the output voltage has stabilized, the circuit shall be incapable of causing ignition for the appropriate category of apparatus in the conditions of clause 5. Additionally, where the type of protection relies on operation of the crowbar caused by other circuit faults, the let-through energy of the crowbar during operation shall not exceed the following value for the appropriate group:

– Group IIC apparatus	20 μJ
– Group IIB apparatus	80 μJ
– Group IIA apparatus	160 μJ
– Group I apparatus	260 μJ

As ignition tests with the spark test apparatus are not appropriate for testing the crowbar let-through energy, this let-through energy shall be assessed, for example from oscilloscope measurements.

10.4.4 Results of spark tests

No ignition shall occur in any test series at any of the chosen test points.

10.5 Temperature tests

All temperature data shall be referred to a reference ambient temperature for 40 °C or the maximum ambient temperature marked on the apparatus. Tests to be based on a reference ambient temperature shall be conducted at any ambient temperature between 20 °C and the reference ambient temperature. The difference between the ambient temperature at which the test was conducted and the reference ambient temperature shall then be added to the temperature measured unless the thermal characteristics of the component are non-linear, for example batteries. If the temperature rise is measured at the reference ambient temperature, that value shall be used in determining the temperature classification.

Temperatures shall be measured by any convenient means. The measuring element shall not substantially lower the measured temperature. An acceptable method of determining the rise in temperature of a winding is as follows:

- measure the winding resistance with the winding at a recorded ambient temperature;
- apply the test current or currents and measure the maximum resistance of the winding, and record the ambient temperature at the time of measurement;
- calculate the rise in temperature from the following equation:

$$t = \frac{R}{r} (k + t_1) - (k + t_2)$$

where

t is the temperature rise, in kelvins;

r is the resistance of the winding at the ambient temperature t_1 , in ohms;

R is the maximum resistance of the winding under the test current conditions, in ohms;

t_1 is the ambient temperature, in degrees Celsius, when r is measured;

t_2 is the ambient temperature, in degrees Celsius, when R is measured;

k is the inverse of the temperature coefficient of resistance of the winding at 0 °C and has the value of 234,5 K for copper.

10.6 Essai diélectriques

Les essais diélectriques doivent être en conformité avec les normes CEI appropriées.

Lorsqu'une telle norme n'existe pas, la méthode d'essai suivante doit être employée. L'essai doit être effectué soit sous une tension alternative sensiblement sinusoïdale et de fréquence comprise entre 48 Hz et 62 Hz, soit sous une tension continue ne présentant pas plus de 3 % d'ondulation crête à crête, à un niveau de 1,4 fois la tension alternative prescrite.

La source doit avoir une puissance suffisante pour maintenir la tension en tenant compte de tout courant de fuite pouvant se produire.

La tension doit être augmentée régulièrement jusqu'à la valeur spécifiée en un temps d'au moins 10 s et ensuite maintenue pendant au moins 60 s.

La tension appliquée doit rester constante durant l'essai et le courant ne doit pas dépasser une valeur efficace de 5 mA.

10.7 Essai d'inflammation de petits composants

Un petit composant essayé pour montrer qu'il ne provoquera pas l'inflammation par échauffement d'un mélange inflammable en conformité avec 6.2.4a) doit être essayé comme décrit ci-dessous. L'apparition d'une flamme froide est considérée comme une inflammation. L'inflammation peut être détectée visuellement ou par une mesure de la température, par exemple par thermocouple.

Le composant doit être essayé en fonctionnement normal ou dans les conditions de défaut, en conformité avec l'article 5, qui conduisent à la valeur la plus élevée de température de surface. L'essai doit être prolongé soit jusqu'à ce que l'équilibre thermique du composant en essai et des parties environnantes soit atteint, soit jusqu'à ce que la température du composant soumis à l'essai chute. Lorsque la défaillance du composant produit une chute de température, l'essai doit être répété cinq fois en utilisant cinq échantillons supplémentaires du composant. Lorsqu'en fonctionnement normal ou dans les conditions de défaut en conformité avec l'article 5, la température de plus d'un composant dépasse la classe de température du matériel, l'essai doit être effectué avec tous ces composants à leur température maximale.

Le composant soumis à l'essai peut être monté comme prévu dans le matériel, et des précautions doivent être prises pour s'assurer que le mélange d'essai est en contact avec le composant. En variante, l'essai doit être effectué sur un modèle qui conduit à des résultats représentatifs. Une telle simulation doit tenir compte de l'effet des autres parties du matériel dans le voisinage du composant en essai qui modifient la température du mélange et l'écoulement du mélange autour du composant par suite de la ventilation et des effets thermiques.

Le facteur de sécurité prescrit en 5.3 de la CEI 60079-0:1998 doit être obtenu soit en augmentant la température ambiante de l'essai en cours, soit, lorsque cela est possible, en augmentant de la marge nécessaire la température du composant en essai et des autres surfaces adjacentes concernées.

Pour le classement en température T4, le mélange doit être

- a) un mélange homogène entre 22,5 % et 23,5 % en volume d'éther et d'air, ou
- b) un mélange d'éther et d'air obtenu en permettant à une petite quantité d'éther de s'évaporer dans une chambre d'essai pendant que l'essai d'inflammation est en cours.

10.6 Voltage tests

Voltage tests shall be in accordance with the appropriate IEC standard.

Where there is no such standard, the following test method shall be used. The test shall be performed either with an alternating voltage of substantially sinusoidal waveform at a power frequency between 48 Hz and 62 Hz or with a d.c. voltage having no more than 3 % peak-to-peak ripple at a level 1,4 times the specified a.c. voltage.

The supply shall have sufficient volt-ampere capacity to maintain the test voltage, taking into account any leakage current which may occur.

The voltage shall be increased steadily to the specified value in a period of not less than 10 s and then maintained for at least 60 s.

The applied voltage shall remain constant during the test and the current shall not exceed an r.m.s. value of 5 mA.

10.7 Small component ignition test

A small component tested to demonstrate that it shall not cause temperature ignition of a flammable mixture in accordance with 6.2.4a) shall be tested as described below. The appearance of a cool flame shall be considered as an ignition. Detection of ignition shall either be visual or by measurement of temperature, for example by a thermocouple.

The component shall be tested under normal operation or in the fault conditions in accordance with clause 5 which produce the highest value of surface temperature. The test shall be continued either until thermal equilibrium of the component and the surrounding parts is attained or until the component temperature drops. Where the component failure causes the temperature to fall, the test shall be repeated five times using five additional samples of the component. Where in normal operation or in the fault conditions in accordance with clause 5, the temperature of more than one component exceeds the temperature class of the apparatus, the test shall be carried out with all such components at their maximum temperature.

The component under test may either be mounted in the apparatus as intended and precautions shall be taken to ensure that the test mixture is in contact with the component. Alternatively, the test shall be carried out on a model which ensures representative results. Such a simulation shall take into account the effect of other parts of the apparatus in the vicinity of the component being tested which affect the temperature of the mixture and the flow of the mixture around the component as a result of ventilation and thermal effects.

The safety factor required in 5.3 of IEC 60079-0:1998 shall be achieved either by raising the ambient temperature at which the test is carried out or, where this is possible, by raising the temperature of the component under test and other relevant adjacent surfaces by the required margin.

For T4 temperature classification, the mixture shall be either:

- a) a homogeneous mixture of between 22,5 % and 23,5 % in volume diethyl ether and air, or
- b) a mixture of diethyl ether and air obtained by allowing a small quantity of diethyl ether to evaporate within a test chamber while the ignition test is being carried out.

Pour les autres classements en température, le choix de mélanges d'essais adaptés doit être à la discrétion de la station d'essai.

Si aucune inflammation n'a lieu pendant l'essai, la présence du mélange inflammable doit être vérifiée par inflammation du mélange par d'autres moyens.

10.8 Détermination des paramètres de composants mal définis

Dix échantillons neufs du composant doivent être obtenus auprès d'un ou de plusieurs fournisseurs et leurs caractéristiques mesurées. Les essais doivent être normalement effectués à la température ambiante maximale assignée ou rapportés à cette température, par exemple 40 °C, mais, si nécessaire, les composants sensibles à la température tels que les piles/accumulateurs au cadmium-nickel doivent être essayés à des températures plus basses pour obtenir les conditions les plus sévères.

Les valeurs les plus sévères des paramètres, ne provenant pas nécessairement du même échantillon, obtenues à partir des essais sur les 10 échantillons, doivent être considérées comme représentatives du composant.

10.9 Essais des piles et accumulateurs

10.9.1 Généralités

Les piles ou accumulateurs rechargeables doivent être complètement chargés et ensuite être déchargés au moins deux fois avant d'effectuer tout essai. À la seconde décharge, ou la suivante si nécessaire, on doit s'assurer que la capacité de la pile ou de l'accumulateur est conforme à ses caractéristiques de fabrication afin que les essais puissent être effectués sur une pile ou un accumulateur complètement chargé selon ses caractéristiques de fabrication.

Lorsqu'un court-circuit est prescrit pour les besoins d'un essai, la résistance de la liaison de court-circuit, en excluant les connexions, ne doit pas excéder 3 mΩ ou doit avoir une chute de tension à ses bornes supérieure ne dépassant pas 200 mV ou 15 % de la f.e.m. de l'élément. Le court-circuit doit être appliqué aussi près que possible des bornes de la pile ou de l'accumulateur.

10.9.2 Essai de fuite d'électrolyte des piles ou accumulateurs

Les échantillons d'essai doivent être placés sur un morceau de papier buvard de sorte que les discontinuités du boîtier, par exemple les joints, soient orientés vers le bas, ou comme précisé par le constructeur du dispositif. Dix échantillons d'épreuve doivent être soumis au plus sévère des cas suivants:

- a) court-circuit jusqu'à la décharge;
- b) application des courants d'entrée ou de charge selon les recommandations du fabricant;
- c) charge d'une batterie selon les recommandations du fabricant avec un élément complètement déchargé ou endommagé par une inversion de polarité.

Les conditions ci-dessus doivent inclure toute inversion de charge due aux conditions produites par l'application de 5.2 et 5.3. Elles ne doivent pas inclure l'emploi d'un circuit de charge externe qui dépasse les caractéristiques de charge recommandées par le fabricant de l'élément ou de l'accumulateur.

Il ne doit y avoir aucune trace visible d'électrolyte sur le buvard ni sur les surfaces externes des échantillons d'essai lorsqu'ils se sont refroidis. Lorsqu'un composé de moulage a été appliqué de manière à obtenir la conformité à 7.4.9, l'examen de l'élément à la fin de l'essai ne doit pas montrer de dommage qui pourrait annuler la conformité à 7.4.9.

For other temperature classifications, the choice of suitable test mixtures shall be at the discretion of the testing station.

If no ignition occurs during a test, the presence of the flammable mixture shall be verified by igniting the mixture by some other means.

10.8 Determination of parameters of loosely specified components

Ten unused samples of the component shall be obtained from any source or sources of supply and their relevant parameters shall be measured. Tests shall normally be carried out at or referred to the specified maximum ambient temperature, for example 40 °C, but where necessary temperature sensitive components, for example nickel cadmium cells/batteries, shall be tested at lower temperatures to obtain their most onerous conditions.

The most onerous values for the parameters, not necessarily taken from the same sample, obtained from the tests on the 10 samples shall be taken as representative of the component.

10.9 Tests for cells and batteries

10.9.1 General

Rechargeable cells or batteries shall be fully charged and then discharged at least twice before any tests are carried out. On the second discharge, or the subsequent one as necessary, the capacity of the cell or battery shall be confirmed as being within its manufacturer's specification to ensure that tests can be carried out on a fully charged cell or battery which is within its manufacturer's specification.

When a short circuit is required for test purposes the resistance of the short-circuit link, excluding connections to it, either shall not exceed 3 mΩ or have a voltage drop across it not exceeding 200 mV or 15 % of the cell e.m.f. The short circuit shall be applied as close to the cell or battery terminals as practicable.

10.9.2 Electrolyte leakage test for cells and batteries

The test samples shall be placed with any case discontinuities, for example seals, facing downward or in the orientation specified by the manufacturer of the device, over a piece of blotting paper. Ten test samples shall be subjected to the most onerous of the following:

- a) short circuit until discharged;
- b) application of input or charging currents within the manufacturer's recommendations;
- c) charging a battery within the manufacturer's recommendations with one cell fully discharged or suffering from polarity reversal.

The conditions above shall include any reverse charging due to conditions arising from the application of 5.2 and 5.3. They shall not include the use of an external charging circuit which exceeds the charging rates recommended by the manufacturer of the cell or battery.

There shall be no visible sign of electrolyte on the blotting paper or on the external surfaces of the test samples when they have cooled. Where casting compound has been applied to achieve conformance to 7.4.9, examination of the cell at the end of the test shall show no damage which would invalidate conformance with 7.4.9.

10.9.3 Inflammation par étincelle et température de surface des piles et accumulateurs

Lorsqu'une batterie comprend un nombre d'éléments distincts ou de batteries plus petites associées en une construction bien définie respectant la séparation et les autres prescriptions de la présente norme, chaque élément distinct doit être considéré comme un composant individuel pour les besoins de l'essai. Sauf pour les constructions spéciales de batterie, où il peut être démontré que des courts-circuits entre éléments ne peuvent pas se produire, la défaillance de chaque élément doit être considérée comme un défaut unique. Dans des conditions moins bien définies, on considère que la batterie a un défaut de court-circuit entre ses bornes de sortie externes.

Les piles et accumulateurs conformes à 7.4.9 doivent être testés ou évalués comme suit.

- a) L'évaluation ou l'essai par étincelle doit être effectué sur les bornes externes de la pile ou de l'accumulateur, sauf dans le cas où un dispositif de limitation de courant est incorporé et où la jonction de ce dispositif et de la pile ou de l'accumulateur satisfait aux règles de 6.7. L'essai ou l'évaluation doit alors inclure le dispositif de limitation de courant.

Lorsque la résistance interne d'une pile ou d'un accumulateur doit être incluse dans l'évaluation de la sécurité intrinsèque, sa valeur de résistance minimale doit être mise à la disposition de la station d'essai. Lorsque le fabricant de la pile ou de l'accumulateur n'est pas en mesure de confirmer la valeur minimale de la résistance interne, la station d'essai doit utiliser la valeur d'essai la plus sévère du courant de court-circuit obtenue à partir de l'essai de 10 échantillons de la pile ou de l'accumulateur, en prenant la tension à vide en circuit ouvert conformément à 7.4.3 pour déterminer la résistance interne.

- b) La température maximale de surface doit être déterminée comme suit. Tous les dispositifs de limitation de courant extérieurs à la pile ou à l'accumulateur doivent être court-circuités pour l'essai. Tout fourreau externe (de papier ou métallique etc.) ne faisant pas partie de l'enveloppe même de l'élément doit être enlevé pour l'essai. La température doit être déterminée sur l'enveloppe externe de chaque pile ou accumulateur, et on doit retenir la valeur maximale. L'essai est effectué avec les dispositifs internes de limitation d'intensité en circuit puis en court-circuit, en utilisant 10 éléments dans chaque cas. Les 10 échantillons ayant les dispositifs internes de limitation de courant court-circuités doivent être fournis par le fabricant de la pile ou de l'accumulateur avec toutes les instructions ou précautions nécessaires pour une utilisation et une mise en essai sûres des échantillons.

NOTE – Lorsqu'on détermine la température de surface de la plupart des batteries, l'effet de dispositifs de protection incorporés tels que des coupe-circuits à fusibles ou des résistances PTC n'est pas pris en compte parce qu'il s'agit d'une évaluation d'un défaut interne possible, par exemple la défaillance d'une séparation.

10.10 Essais mécaniques

10.10.1 Composé de moulage

Une force de 30 N doit être appliquée perpendiculairement à la surface du composé de moulage pendant 10 s à partir de l'extrémité plate d'une tige ronde de 6 mm de diamètre. Aucun dommage ni aucune déformation permanente de l'encapsulage ni déplacement supérieur à 1 mm ne doit se produire.

Lorsqu'une surface libre du composé de moulage se présente, et afin de s'assurer que le composé est rigide mais non friable, un des essais de choc suivants doit être effectué sur la surface du composé de moulage à (20 ± 10) °C en utilisant l'appareillage d'essai décrit à l'annexe D de la CEI 60079-0:1998:

- a) pour les applications du Groupe I, lorsque le composé de moulage forme une partie de l'enveloppe externe et est utilisé pour exclure une atmosphère potentiellement explosive, une énergie d'impact minimale de 20 J doit être utilisée;
- b) pour toutes les autres applications, une énergie d'impact minimale de 2 J doit être utilisée.

Le composé de moulage doit rester intact et aucune déformation permanente ne doit se produire. De faibles craquelures en surface ne doivent pas être prises en compte.

10.9.3 Spark ignition and surface temperature of cells and batteries

If a battery comprises a number of discrete cells or smaller batteries combined in a well-defined construction conforming to the segregation and other requirements of this standard, then each discrete element shall be considered as an individual component for the purpose of testing. Except for specially constructed cells where it can be shown that short circuits between cells cannot occur, the failure of each element shall be considered as a single fault. In less well-defined circumstances, the battery shall be considered to have a short-circuit failure between its external terminals.

Cells and batteries which conform to 7.4.9 shall be tested or assessed as follows.

- a) Spark ignition assessment or testing shall be carried out at the cell or battery external terminals, except where a current-limiting device is included and the junction of this device and the cell or battery conforms to 6.7. The test or assessment shall then include the current-limiting device.

When the internal resistance of a cell or battery is to be included in the assessment of intrinsic safety, its minimum resistance value shall be made available to the testing station. If the cell/battery manufacturer is unable to confirm the minimum value of internal resistance, the testing station shall use the most onerous value of short-circuit current from a test of 10 samples of the cell/battery together with the peak open circuit voltage in accordance with 7.4.3 of the cell/battery to determine the internal resistance.

- b) The maximum surface temperature shall be determined as follows. All current-limiting devices external to the cell or battery shall be short-circuited for the test. Any external sheath (of paper or metal, etc.) not forming part of the actual cell enclosure shall be removed for the test. The temperature shall be determined on the outer enclosure of each cell or battery and the maximum figure taken. The test shall be carried out both with internal current-limiting devices in circuit and with the devices short-circuited using 10 cells in each case. The 10 samples having the internal current-limiting devices short-circuited shall be obtained from the cell/battery manufacturer together with any special instructions or precautions necessary for safe use and testing of the samples.

NOTE – When determining the surface temperature of most batteries, the effect of built-in protective devices, for example fuses or PTC resistors, is not taken into account because this is an assessment of a possible internal fault, for example failure of a separator.

10.10 Mechanical tests

10.10.1 Casting compound

A force of 30 N shall be applied perpendicular to the surface of the casting compound with a 6 mm diameter flat ended metal rod for 10 s. No damage to or permanent deformation of the encapsulation or movement greater than 1 mm shall occur.

Where a free surface of casting compound occurs, in order to ensure that the compound is rigid but not brittle, one of the following impact tests shall be carried out on the surface of the casting compound at $(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$ using the test apparatus described in annex D of IEC 60079-0:1998:

- a) for Group I applications where casting compound forms part of the external enclosure and is used to exclude a potentially explosive atmosphere, a minimum impact energy of 20 J shall be used;
- b) for all other applications a minimum impact energy of 2 J shall be used.

The casting compound shall remain intact and no permanent deformation shall occur. Minor surface cracks shall be ignored.

10.10.2 Cloisons

Les cloisons doivent pouvoir supporter une force minimale de 30 N appliquée à partir d'une tige rigide de 6 mm de diamètre. La force doit être appliquée approximativement au centre de la cloison pendant au moins 10 s. Il ne doit pas se produire de déformations de la cloison pouvant altérer sa fonction.

10.11 Essais des matériels comportant des dispositifs piézoélectriques

La capacité du dispositif doit être mesurée, et aussi la tension qui apparaît lorsqu'une partie du matériel accessible en service est soumise à l'essai de choc conformément à la colonne «élevé» du tableau 4 de la CEI 60079-0:1998 effectué à (20 ± 10) °C, en utilisant l'appareillage d'essai de l'annexe D de la CEI 60079-0:1998. Pour la valeur de tension, le résultat le plus élevé des deux essais sur le même échantillon doit être pris en compte.

Lorsque le matériel comportant le dispositif piézoélectrique inclut une protection contre un contact physique direct, l'essai de choc doit être effectué sur la protection, la protection et le matériel étant montés comme prévu par le constructeur.

L'énergie maximale emmagasinée par la capacité du cristal à la tension maximale mesurée ne doit pas dépasser les valeurs suivantes:

- pour le matériel du Groupe I 1 500 μ J
- pour le matériel du Groupe IIA 950 μ J
- pour le matériel du Groupe IIB 250 μ J
- pour le matériel du Groupe IIC 50 μ J

Lorsque la sortie électrique du dispositif piézoélectrique est limitée par des composants de protection (protections comprises), ces composants ne doivent pas être détériorés par le choc d'une manière telle que le mode de protection soit annulé.

Lorsqu'il est nécessaire de protéger le matériel contre des chocs physiques externes afin d'empêcher que l'énergie de choc dépasse les valeurs spécifiées, des dispositions précises doivent être données comme conditions spéciales pour une utilisation sûre et le matériel doit être marqué du signe X.

10.12 Essais de type des barrières de sécurité à diodes et des shunts de sécurité

Les essais suivants sont utilisés pour démontrer que la barrière de sécurité ou le shunt de sécurité peuvent supporter les effets des transitoires.

Les résistances infaillibles doivent être considérées comme étant capables de supporter tout transitoire en provenance de l'alimentation spécifiée.

On doit démontrer que les diodes sont capables de supporter la valeur crête U_m divisée par la valeur de la résistance (à 20 °C) du coupe-circuit à fusibles et de toute résistance infaillible en série avec le coupe-circuit à fusibles, soit à partir des spécifications données par le constructeur de la diode, soit par l'essai suivant.

Soumettre chaque type de diode, dans la direction de l'utilisation (pour les diodes Zener, le sens Zener), à cinq impulsions rectangulaires de courant de 50 μ s chacune, répétées à des intervalles de 20 ms. Avec une amplitude d'impulsion de la valeur crête de U_m divisée par la valeur de la résistance «à froid» à 20 °C du coupe-circuit à fusibles (plus toute résistance infaillible en série qui est dans le circuit). Lorsque la caractéristique donnée par le fabricant indique un temps de pré-arc plus grand que 50 μ s pour ce courant, la largeur de l'impulsion sera modifiée pour représenter le temps de pré-arc réel. Lorsque le temps de pré-arc ne peut pas être obtenu dans les caractéristiques disponibles auprès du constructeur, 10 coupe-circuits à fusibles doivent être soumis au courant calculé et leur temps de pré-arc mesuré. Cette valeur, si elle est supérieure à 50 μ s, doit être utilisée.

10.10.2 Partitions

Partitions shall withstand a minimum force of 30 N applied by a 6 mm diameter solid test rod. The force shall be applied to the approximate centre of the partition for at least 10 s. There shall be no deformation of the partition that would make it unsuitable for its purpose.

10.11 Tests for apparatus containing piezoelectric devices

Measure both the capacitance of the device and also the voltage appearing across it when any part of the apparatus which is accessible in service is impact tested in accordance with the "high" column of table 4 in IEC 60079-0:1998 carried out at (20 ± 10) °C using the test apparatus in annex D of IEC 60079-0:1998. For the value of voltage, the higher figure of the two tests on the same sample shall be used.

When the apparatus containing the piezoelectric device includes a guard to prevent a direct physical impact, the impact test shall be carried out on the guard with both the guard and the apparatus mounted as intended by the manufacturer.

The maximum energy stored by the capacitance of the crystal at the maximum measured voltage shall not exceed the following:

- for Group I apparatus: 1 500 μ J
- for Group IIA apparatus: 950 μ J
- for Group IIB apparatus: 250 μ J
- for Group IIC apparatus: 50 μ J

Where the electrical output of the piezoelectric device is limited by protective components (including guards), these components shall not be damaged by the impact in such a way as to allow the type of protection to be invalidated.

Where it is necessary to protect the apparatus from external physical impact in order to prevent the impact energy exceeding the specified values, details of the requirements shall be specified as special conditions for safe use and the apparatus shall be marked with the symbol X.

10.12 Type tests for diode safety barriers and safety shunts

The following tests are used to demonstrate that the safety barrier or safety shunt can withstand the effects of transients.

Infallibly rated resistors shall be considered to be capable of withstanding any transient to be expected from the specified supply.

The diodes shall be shown to be capable of withstanding the peak U_m divided by the value (at 20 °C) of the fuse resistance and any infallible resistance in series with the fuse, either by the diode manufacturer's specification or by the following test.

Subject each type of diode in the direction of utilization (for Zener diodes, the Zener direction) to five rectangular current pulses each of 50 μ s duration repeated at 20 ms intervals. With a pulse amplitude of the peak of the U_m divided by the "cold" resistance value of the fuse at 20 °C (plus any infallible series resistance which is in circuit). Where the manufacturer's data shows a pre-arcing time greater than 50 μ s at this current, the pulse width will be changed to represent the actual pre-arcing time. Where the pre-arcing time cannot be obtained from the available manufacturer's data, 10 fuses shall be subjected to the calculated current, and their pre-arcing time measured. This value, if greater than 50 μ s, shall be used.

La tension de la diode doit être mesurée pour le courant d'essai indiqué par le constructeur du composant avant et après cet essai. Les tensions mesurées ne doivent pas être différentes de plus de 5 % (la valeur de 5 % inclut les incertitudes de l'appareil d'essai). La plus haute élévation de tension observée pendant l'essai sera utilisée comme la valeur crête de la série d'impulsions à appliquer comme ci-dessus à tout dispositif de limitation de courant à semi-conducteur. Après l'essai, la conformité de ces dispositifs à la spécification du constructeur du composant sera révérifiée.

A partir d'une gamme générique fabriquée par un fabricant particulier, il est seulement nécessaire d'essayer un échantillon représentatif d'une tension particulière pour prouver l'acceptabilité de la gamme générique.

10.13 Essai de traction du câble

Un matériel qui est construit avec un câble installé à demeure pour les connexions externes doit être soumis à l'essai de traction du câble lorsque la rupture des extrémités internes du matériel peut conduire à une annulation de la sécurité intrinsèque, par exemple lorsqu'il y a plus d'un circuit de sécurité intrinsèque dans le câble et que la rupture pourrait conduire à une interconnexion dangereuse. L'essai doit être effectuée de la manière suivante:

- appliquer une force de traction d'une valeur minimale de 30 N sur le câble dans la direction de l'axe de pénétration du câble dans le matériel pendant au moins 1 h;
- bien que le déplacement de la gaine du câble soit autorisé, aucun déplacement visible des extrémités du câble ne doit être observé;
- cet essai ne doit pas être appliqué aux conducteurs individuels qui sont connectés en permanence et ne font pas partie d'un câble.

11 Vérifications et essais individuels

11.1 Essais individuels pour les barrières de sécurité à diode

11.1.1 Barrières terminées

Un essai individuel de chaque barrière terminée doit être effectué pour vérifier le fonctionnement correct de chaque composant de la barrière et la résistance de tout coupe-circuit à fusibles. L'emploi de liaisons amovibles pour permettre cet essai est autorisé, à condition que la sécurité intrinsèque soit maintenue lorsque la liaison est retirée.

11.1.2 Diodes des barrières «ia» à deux diodes

La tension aux bornes des diodes doit être mesurée comme cela est spécifié par leur constructeur à la température ambiante avant et après les essais suivants:

- a) soumettre chaque diode à une température de 150 °C pendant 2 h;
- b) soumettre chaque diode à l'essai en impulsions de courant selon 10.12.

11.2 Essais diélectriques individuels des transformateurs de réseau

Pendant les essais individuels, les tensions appliquées aux transformateurs de réseau doivent être conformes aux valeurs indiquées au tableau 9, où U_n est la plus haute tension assignée de tout enroulement en essai.

The diode voltage shall be measured at the component manufacturer's test current before and after this test. The measured voltages shall not differ by more than 5 % (the 5 % includes the uncertainties of the test apparatus). The highest voltage elevation observed during the test shall be used as the peak value of a series of pulses to be applied in a similar manner as above to any semiconductor current-limiting devices. After testing, these devices shall again be checked for conformity to the component manufacturer's specification.

From a generic range manufactured by a particular manufacture, it is necessary to test only a representative sample of a particular voltage to demonstrate the acceptability of the generic range.

10.13 Cable pull test

Apparatus which is constructed with an integral cable for external connections shall be subjected to a pull test on the cable if breakage of the terminations inside the apparatus could result in intrinsic safety being invalidated, for example where there is more than one intrinsically safe circuit in the cable and breakage could lead to an unsafe interconnection. The test shall be carried out as follows:

- apply a tensile force of minimum value 30 N on the cable in the direction of the cable entrance into the apparatus for the duration of at least 1 h,
- although the cable sheath may be displaced, no visible displacement of the cable terminations shall be observed;
- this test shall not be applied to individual conductors which are permanently connected and do not form part of a cable.

11 Routine verifications and tests

11.1 Routine tests for diode safety barriers

11.1.1 Completed barriers

A routine test shall be carried out on each completed barrier to check correct operation of each barrier component and the resistance of any fuse. The use of removable links to allow this test shall be acceptable provided that intrinsic safety is maintained with the links removed.

11.1.2 Diodes for 2-diode "ia" barriers

The voltage across the diodes shall be measured as specified by their manufacturer at ambient temperature before and after the following tests:

- a) subject each diode to a temperature of 150 °C for 2 h;
- b) subject each diode to the pulse current test in accordance with 10.12.

11.2 Routine tests for mains transformers

In routine tests, the voltages applied to mains transformers shall conform to the values given in table 9, where U_n is the highest rated voltage of any winding under test.

Pendant ces essais, il ne doit se produire aucune rupture d'isolation entre les enroulements ou entre chaque enroulement et le noyau ou l'écran.

Tableau 9 – Essais diélectriques individuels des transformateurs de réseau

Point d'application	Valeur efficace de la tension d'essai
Entre enroulements d'entrée et de sortie	$4 U_n$ ou 2 500 V, la plus grande des deux valeurs
Entre tous les enroulements et le noyau ou l'écran	$2 U_n$ ou 1 000 V, la plus grande des deux valeurs
Entre chaque enroulement qui alimente un circuit de sécurité intrinsèque et un autre enroulement de sortie	$2 U_n + 1 000$ V ou 1 500 V, la plus grande des deux valeurs

12 Marquage

12.1 Généralités

Le matériel à sécurité intrinsèque et le matériel associé doivent comporter au moins le marquage minimal prescrit par la CEI 60079-0:1998. Le marquage du numéro de série peut être une date ou le numéro de code d'un lot, si ce numéro est suffisant pour assurer l'identification pour les besoins du contrôle de la qualité.

NOTE 1 – Le marquage du numéro de série peut être séparé de l'autre marquage.

Dans le cas du matériel électrique associé, les symboles Ex ia ou Ex ib (ou ia ou ib, si Ex est déjà marqué) doivent être placés entre crochets.

Il est recommandé que tous les paramètres utiles soient marqués, par exemple U_m , L_i , C_i , L_o , C_o , dans la mesure du possible.

NOTE 2 – Les symboles normalisés pour le marquage et la documentation sont indiqués à l'article 3.

Des considérations pratiques peuvent restreindre ou empêcher l'emploi de caractères italiques ou d'indices, et une représentation simplifiée peut être utilisée, par exemple U_o à la place de U_0 .

12.2 Marquage des éléments de raccordement

Les éléments de raccordement, les logements de raccordement et les prises de courant des matériels électriques de sécurité intrinsèque et des matériels électriques associés doivent être clairement repérés et facilement identifiables. Lorsqu'à cet effet on utilise une couleur, ce doit être le bleu clair.

Lorsque des parties d'un matériel ou de différents matériels sont reliées par des prises de courant, ces prises de courant doivent être identifiées comme comportant seulement des circuits de sécurité intrinsèque. Lorsqu'à cet effet on utilise une couleur, ce doit être le bleu clair.

En outre, un marquage suffisant et adéquat doit être réalisé pour assurer la connexion correcte pour le maintien de la sécurité intrinsèque de l'ensemble.

NOTE – Il peut être nécessaire d'inclure des étiquettes additionnelles, par exemple sur les prises de courant ou à côté de ces prises, pour assurer cette sécurité. S'il ne peut y avoir d'équivoque, l'étiquette du matériel peut suffire.

During these tests there shall be no breakdown of the insulation between windings or between any winding and the core or screen.

Table 9 – Routine test voltages for mains transformers

Where applied	RMS test voltage
Between input and output windings	$4 U_n$ or 2 500 V, whichever is the greater
Between all the windings and the core or screen	$2 U_n$ or 1 000 V, whichever is the greater
Between each winding which supplies an intrinsically safe circuit and any other output winding	$2 U_n + 1\ 000$ V or 1 500 V, whichever is the greater

12 Marking

12.1 General

Intrinsically safe apparatus and associated apparatus shall carry at least the minimum marking specified in IEC 60079-0: 1998. The marking of the serial number may be achieved by using a date or batch number code which is sufficient to ensure traceability for quality control purposes.

NOTE 1 – The serial number marking may be separate from the other marking.

For associated apparatus the symbol Ex ia or Ex ib (or ia or ib, if Ex is already marked) shall be enclosed in square brackets.

All relevant parameters should be marked, for example U_m , L_i , C_i , L_o , C_o wherever practicable.

NOTE 2 – Standard symbols for marking and documentation are given in clause 3.

Practical considerations may restrict or preclude the use of italic characters or of subscripts, and a simplified presentation may be used, for example U_o rather than U_0 .

12.2 Marking of connection facilities

Connection facilities, terminal boxes, plugs and sockets of intrinsically safe apparatus and associated apparatus shall be clearly marked and shall be clearly identifiable. Where a colour is used for this purpose, it shall be light blue.

Where parts of an apparatus or different pieces of apparatus are interconnected using plugs and sockets, these plugs and sockets shall be identified as containing only intrinsically safe circuits. Where a colour is used for this purpose, it shall be light blue.

In addition, sufficient and adequate marking shall be provided to ensure correct connection for the continued intrinsic safety of the whole.

NOTE – It may be necessary to include additional labels, for example on or adjacent to plugs and sockets, to achieve this. If clarity of intention is maintained, the apparatus label may suffice.

Des exemples de marquage sont donnés ci-après.

a) Matériel de sécurité intrinsèque autonome

C TOME LTD PAGING RECEIVER TYPE 3 Ex ia IIC T4 $-25\text{ °C} \leq T_a \leq +50\text{ °C}$ ACB Ex95**** Numéro de série XXXX

b) Matériel de sécurité intrinsèque conçu pour être raccordé à d'autres matériels

M HULOT TRANSDUCTEUR TYPE 12 Ex ib IIB T4 ACB No: Ex98**** $L_i: 10\ \mu\text{H}$ $U_i: 28\ \text{V}$ $P_i: 1,3\ \text{W}$	$C_j: 1\ 200\ \text{pF}$ $I_j: 250\ \text{mA}$
--	---

c) Matériel associé

J SCHMIDT A.G. STROMVERSORGUNG TYP 4 [Ex ib] I ACB No: Ex98**** $U_m: 250\ \text{V}$ $I_o: 150\ \text{mA}$ $L_o: 20\ \text{mH}$	$P_o: 0,9\ \text{W}$ $U_o: 24\ \text{V}$ $C_o: 5,5\ \mu\text{F}$
---	--

d) Matériel associé protégé par une enveloppe anti-déflagrante

PIZZA ELECT. SpA Ex d [ia] IIB T6 ACB No: Ex98**** $U_m: 250\ \text{V}$ $U_o: 36\ \text{V}$ $C_o: 0,31\ \mu\text{F}$ Numéro de série XXXX	$P_o: 0,9\ \text{W}$ $I_o: 100\ \text{mA}$ $L_o: 15\ \text{mH}$
---	---

où

ACB sont les initiales de l'autorité de certification.

The following are examples of marking.

a) Self-contained intrinsically safe apparatus

C TOME LTD
PAGING RECEIVER TYPE 3
Ex ia IIC T4
$-25\text{ °C} \leq T_a \leq +50\text{ °C}$
ACB Ex95****
Serial No. XXXX

b) Intrinsically safe apparatus designed to be connected to other apparatus

M HULOT
TRANSDUCTEUR TYPE 12
Ex ib IIB T4
ACB No: Ex98****
L_i : 10 μ H
C_i : 1 200 pF
U_i : 28 V
I_i : 250 mA
P_i : 1,3 W

c) Associated apparatus

J SCHMIDT A.G.
STROMVERSORGUNG TYP 4
[Ex ib] I
ACB No: Ex98****
U_m : 250 V
P_o : 0,9 W
I_o : 150 mA
U_o : 24 V
L_o : 20 mH
C_o : 5,5 μ F

d) Associated apparatus protected by a flameproof enclosure

PIZZA ELECT. SpA
Ex d [ia] IIB T6
ACB No: Ex98****
U_m : 250 V
P_o : 0,9 W
U_o : 36 V
I_o : 100 mA
C_o : 0,31 μ F
L_o : 15 mH
Serial No. XXXX

where

ACB represents the initials of the certifying body.

13 Documentation

La documentation descriptive prescrite en 23.2 de la CEI 60079-0:1998 doit inclure les informations suivantes:

- a) les paramètres électriques du matériel:
 - 1) générateurs: paramètres de sortie tels que U_o , I_o , P_o et, si cela est nécessaire, C_o , L_o et/ou le rapport L_o/R_o admissible;
 - 2) récepteurs: paramètres d'entrée tels que U_i , I_i , P_i , C_i , L_i et/ou le rapport L_i/R_i ;
- b) toutes prescriptions spéciales pour l'installation et l'emploi;
- c) la tension maximale U_m qui peut être appliquée aux bornes des circuits non de sécurité intrinsèque ou du matériel associé;
- d) toutes conditions spéciales qui sont présumées lors de la détermination du mode de protection, par exemple que la tension est appliquée à partir d'un transformateur d'isolement ou par l'intermédiaire d'une barrière de sécurité à diode;
- e) la conformité ou la non-conformité à 6.4.12;
- f) la désignation des surfaces de toute enveloppe seulement dans les cas où cela est pertinent pour la sécurité intrinsèque.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-11:1999

Without watermark

13 Documentation

The descriptive documentation required by 23.2 of IEC 60079-0:1998 shall include the following information:

- a) electrical parameters for the apparatus:
 - 1) power sources: output data such as U_o , I_o , P_o and, if applicable, C_o , L_o and/or the permissible L_o/R_o ratio;
 - 2) power receivers: input data such as U_i , I_i , P_i , C_i , L_i and the L_i/R_i ratio;
- b) any special requirements for installation and use;
- c) the maximum value of U_m which may be applied to terminals of non-intrinsically safe circuits or associated apparatus;
- d) any special conditions which are assumed in determining the type of protection, for example that the voltage is to be supplied from a protective transformer or through a diode safety barrier;
- e) conformance or non-conformance with 6.4.12;
- f) the designation of the surfaces of any enclosure only in circumstances where this is relevant to intrinsic safety.

Annexe A (normative)

Evaluation des circuits de sécurité intrinsèque

A.1 Critères de base

Un circuit de sécurité intrinsèque doit satisfaire à trois critères de base:

- a) le circuit doit être séparé des autres circuits de façon adéquate;
- b) le classement en température des matériels à sécurité intrinsèque doit être établi en conformité avec 6.2 et avec l'article 5 de la CEI 60079-0:1998 de manière à s'assurer que l'inflammation n'est pas provoquée par des surfaces chaudes. Le classement en température ne s'applique pas aux matériels associés;
- c) aucune inflammation par étincelles ne doit être constatée lorsque le circuit est essayé ou évalué selon l'article 10 pour la catégorie considérée (voir article 5) et pour le groupe (voir article 4) du matériel électrique.

NOTE 1 – Le critère a) peut être respecté par l'usage de lignes de fuites et distances dans l'air adéquates, et par utilisation de composants conformes à l'article 8, par exemple transformateurs ou résistances de limitation de courant.

NOTE 2 – Le critère b) peut être respecté en estimant la température maximale de surface des composants à partir de la connaissance de leur comportement thermique et de la puissance maximale à laquelle ils peuvent être soumis dans les conditions de défaut appropriées.

NOTE 3 – Le critère c) peut être respecté par évaluation. Les informations concernant la tension, le courant, les paramètres des circuits comme la capacité et l'inductance à la limite de l'inflammation sont nécessaires. Le circuit peut alors être évalué comme étant intrinsèquement sûr du point de vue de l'inflammation par étincelle.

A.2 Evaluation à l'aide des courbes et des tableaux de référence

Lorsque le circuit à évaluer en termes de possibilités d'inflammation est très voisin du circuit simple dont la courbe est issue, les figures A.1 à A.6 ou les tableaux A.1 et A.2 doivent être utilisés pour l'évaluation. Les conditions de défaut conformément à l'article 5 et les facteurs de sécurité conformément à 10.4.2 doivent également être pris en compte.

Généralement la procédure suivante doit être appliquée:

- on détermine la situation pratique la plus mauvaise, en considérant les tolérances des composants, les variations de la tension d'alimentation, les défauts d'isolation et les défauts des composants;
- on applique ensuite les coefficients de sécurité appropriés, qui dépendent du type de circuit (voir 10.4.2) et de la catégorie de matériel électrique (voir article 5), en vue d'obtenir un circuit modifié capable d'être évalué;
- on vérifie enfin que les paramètres du circuit modifié sont acceptables par comparaison avec les courbes de référence des figures A.1 à A.6 ou avec les tableaux A.1 et A.2.

Le circuit déterminé en vue de l'évaluation peut être essayé en utilisant l'éclateur si l'essai est préférable à l'évaluation.

NOTE – Les informations fournies par les figures A.1 à A.6 et par les tableaux A.1 et A.2 concernent uniquement des circuits simples et on peut avoir dans certains cas, des difficultés pour les appliquer à des circuits que l'on rencontre pratiquement. Par exemple, de nombreuses alimentations ont des caractéristiques non linéaires et ne peuvent pas être évaluées à partir des courbes de référence, car la figure A.1 ne peut être utilisée que lorsque le circuit peut être représenté par une pile ou un accumulateur en série avec une résistance de limitation de courant. Pour cette raison, les circuits non linéaires, tels que les circuits à courant constant, engendrent une inflammation pour des valeurs de courant plus faibles que celles déduites de la figure A.1 sur la base de la tension en circuit

Annex A (normative)

Assessment of intrinsically safe circuits

A.1 Basic criteria

An intrinsically safe circuit shall satisfy three basic criteria:

- a) the circuit shall be adequately separated from other circuits;
- b) the temperature classification of intrinsically safe apparatus shall be carried out in accordance with 6.2 and clause 5 of IEC 60079-0:1998 so as to ensure that ignition is not caused by hot surfaces. Temperature classification shall not apply to associated apparatus;
- c) no spark ignition shall result when the circuit is tested, or assessed as required by clause 10 for the specified category (see clause 5) and grouping (see clause 4) of electrical apparatus.

NOTE 1 – Criterion a) may be satisfied by the provision of adequate creepage distances and clearances, and by the use of components conforming to clause 8, for example transformers and current-limiting resistors.

NOTE 2 – Criterion b) may be satisfied by estimating the maximum surface temperatures of components from a knowledge of their thermal behaviour and the maximum power to which they may be subjected under the appropriate fault conditions.

NOTE 3 – Criterion c) may be satisfied by assessment. Information relating to voltage, current and circuit parameters such as capacitance and inductance at the boundary for ignition is necessary. The circuit can then be assessed as intrinsically safe in regard to spark ignition.

A.2 Assessment using reference curves and tables

Where the circuit to be assessed for ignition capability approximates to the simple circuit from which the curve is derived, figures A.1 to A.6 or tables A.1 and A.2 shall be used in the assessment. The fault conditions in accordance with clause 5 and the safety factors in accordance with 10.4.2 shall also be taken into account.

Generally the following procedure shall be applied:

- determine the worst practical situation taking account of component tolerances, supply voltage variations, insulation faults and component faults;
- then apply the appropriate safety factors, which depend on the type of circuit (see 10.4.2) as well as on the category of the electrical apparatus (see clause 5), in order to derive a circuit to be subjected to assessment;
- then check that the parameters of the resultant circuit are acceptable according to the reference curves in figures A.1 to A.6 or according to tables A.1 and A.2.

The circuit derived for assessment purposes may be tested using the spark-test apparatus if testing is preferred to assessment.

NOTE – The information provided in figures A.1 to A.6 and tables A.1 and A.2 relates only to simple circuits and it may be difficult in some cases to apply the information to the design of practical circuits. For example, many power supplies have non-linear output characteristics and are not assessable from the reference curves because figure A.1 can only be used when the circuit can be represented by a cell or battery and a series current-limiting resistor. Because of this, non-linear circuits, for example constant current circuits, will give ignition at lower values of current than would be predicted from figure A.1 on the basis of open-circuit voltage and short-circuit current. In some types of non-linear circuit, the maximum permitted current may be only one-fifth of that predicted from

ouvert et du courant de court-circuit. Dans certains types de circuits non linéaires, l'intensité maximale admissible peut être seulement le cinquième de celle qui est déduite des courbes de référence. Une grande attention est donc nécessaire pour s'assurer que les évaluations ne sont faites que lorsque le circuit considéré, sous sa forme pratique, peut être représenté par l'un des circuits simples pour lesquels on a une information. L'information disponible est limitée et ne peut pas couvrir les détails des problèmes qui se présentent lors de la conception des circuits de sécurité intrinsèque.

A.3 Exemples de circuits simples

a) Circuit inductif simple

Pour illustrer la procédure plus en détail, on considère un circuit pour le Groupe IIC consistant en une alimentation comprenant une pile ou un accumulateur de 20 V et une résistance infaillible de 300 Ω , correctement placée et utilisée comme résistance de limitation de courant, alimentant une inductance de 1 100 Ω et 100 mH selon la figure A.7.

Les valeurs de 300 Ω et de 1 100 Ω sont des valeurs minimales et 100 mH est une valeur maximale. Deux évaluations séparées seront faites: l'une pour s'assurer que la source est elle-même de sécurité intrinsèque et l'autre pour prendre en compte l'influence de la charge, comme suit;

1) Alimentation

Les étapes de l'évaluation sont les suivantes.

- i) La valeur de la résistance de limitation de courant est fixée au minimum à 300 Ω , ce qui représente la situation la plus défavorable pour ce qui est de cette résistance. Si la résistance ne remplit pas les prescriptions d'infaillibilité (voir 8.4), l'application d'un défaut simple (voir article 5) provoquera une modification du circuit, la résistance étant considérée en court-circuit. Avec un tel défaut, l'alimentation ne sera plus de sécurité intrinsèque.

Il est aussi nécessaire de définir une valeur maximale pour la tension de la pile ou de l'accumulateur, conformément à 7.4.3. Admettre que la tension maximale issue de la pile ou de l'accumulateur est de 22 V.

- ii) Le courant maximal de court-circuit est de $22/300 = 73,3$ mA.

Puisque le circuit est résistif, l'application des prescriptions de l'article 5 et de 10.4.2 donne lieu à un circuit modifié dans lequel le courant de court-circuit est porté à $1,5 \times 73,3 = 110$ mA.

- iii) A partir du tableau A.1, on peut voir que, pour le Groupe IIC, le courant minimal d'inflammation pour un circuit résistif de 22 V est de 337 mA. L'alimentation peut donc être évaluée comme étant de sécurité intrinsèque en ce qui concerne l'inflammation par étincelles.

2) Connexion de la charge

Les étapes de l'évaluation sont les suivantes.

- i) La tension maximale de la pile ou de l'accumulateur est de 22 V. Puisque 300 Ω et 1 100 Ω sont des valeurs minimales, le courant maximal dans la charge est $22/(300 + 1\ 100) = 15,7$ mA. Aucun défaut n'a besoin d'être appliqué car la résistance de 300 Ω est infaillible et le défaut par court-circuit de l'inductance conduit au circuit étudié ci-dessus.

- ii) L'application des prescriptions de l'article 5 et de 10.4.2 exige que, pour un coefficient de sécurité de 1,5, le courant dans le circuit soit augmenté jusqu'à $1,5 \times 15,7 = 23,6$ mA.

- iii) Les courbes de la figure A.4 pour le Groupe IIC montrent que pour 100 mH, le courant minimal d'inflammation pour une source de 24 V est de 28 mA. Le circuit peut alors être évalué comme étant de sécurité intrinsèque en ce qui concerne l'inflammation par étincelles pour les applications du Groupe IIC.

reference curves. Great care is therefore needed to ensure that assessments are made only when the circuit under consideration can, for practical purposes, be represented by one of the simple circuits for which information is provided. The information available is limited and cannot cover all the detailed problems that arise in the design of intrinsically safe circuits.

A.3 Examples of simple circuits

a) Simple inductive circuit

To illustrate the procedure in more detail, consider a circuit for Group IIC consisting of a power supply comprising a 20 V battery with a suitably mounted infallible 300 Ω current-limiting resistor feeding into a 1 100 Ω , 100 mH inductor as shown in figure A.7.

The 300 Ω and 1 100 Ω values are minimum values and 100 mH is a maximum value. Two separate assessments are made: one to ensure that the power supply itself is intrinsically safe and the other to take account of the effect of the connected load as follows.

1) Power supply

The steps in the assessment are the following.

- i) The value of the current-limiting resistor is quoted as 300 Ω minimum and this represents the worst situation as far as the resistor is concerned. If this resistor does not conform to the requirements for infallibility (see 8.4), application of a single fault (see clause 5) would produce a modified circuit in which the resistor would be assumed to be short-circuited. With such a fault, the power supply would not be intrinsically safe.

It is also necessary to determine a maximum value for the battery voltage in accordance with 7.4.3. Assume the maximum battery voltage derived is 22 V.

- ii) The maximum short-circuit current is $22/300 = 73,3$ mA.

Since the circuit is resistive, application of the requirements of clause 5 and 10.4.2 give rise to a modified circuit in which the short-circuit current is increased to $1,5 \times 73,3 = 110$ mA.

- iii) From table A.1, it can be seen that, for Group IIC, the minimum igniting current for a resistive circuit at 22 V is 337 mA. The power supply can therefore be assessed as intrinsically safe in regard to spark ignition.

2) Connection of load

The steps in the assessment are as follows.

- i) The maximum battery voltage is 22 V. Since 300 Ω and 1 100 Ω are minimum values, the maximum possible current in the load is $22/(300 + 1\ 100) = 15,7$ mA. No faults need to be applied since the 300 Ω resistor is infallible and short-circuit failure of the inductor leads to the circuit considered above.

- ii) Application of the requirements of clause 5 and 10.4.2 requires that, for a safety factor of 1,5, the current in the circuit be increased to $1,5 \times 15,7 = 23,6$ mA.

- iii) Reference to figure A.4 for Group IIC shows that, for a 100 mH inductor, the minimum igniting current for a source of 24 V is 28 mA. The circuit can therefore be assessed as intrinsically safe in regard to spark ignition for Group IIC applications.

NOTE 1 – Pour les tensions en circuit ouvert en dessous de 24 V, il est recommandé d'utiliser la figure A.6.

NOTE 2 – Les évaluations ci-dessus sont relatives à une inductance à air. Si l'inductance n'est pas à air, les évaluations ne seront considérées que comme approximatives et il sera nécessaire d'effectuer un essai à l'éclateur (annexe B) en vue de savoir si le circuit est ou n'est pas de sécurité intrinsèque. En pratique, si l'évaluation est fondée sur une valeur d'inductance mesurée, le courant minimal d'inflammation est généralement, mais pas toujours, plus grand que la valeur évaluée.

b) Circuit capacitif simple

Considérons maintenant le circuit illustré à la figure A.8 qui est destiné aux applications du Groupe I. Il consiste en une pile ou un accumulateur de 30 V connecté à une capacité de 10 μF par une résistance de 10 $\text{k}\Omega$ convenablement disposée et infaillible. Dans l'exemple proposé, les valeurs de 30 V et 10 μF sont des valeurs maximales et 10 $\text{k}\Omega$ une valeur minimale.

Deux évaluations séparées seront faites: l'une pour s'assurer que la source est elle-même de sécurité intrinsèque et l'autre pour prendre en compte la présence de la capacité.

1) Alimentation

La procédure a déjà été décrite en a) 1), il n'y a rien à ajouter. La source d'alimentation seule peut être considérée comme de sécurité intrinsèque en ce qui concerne l'inflammation par étincelles avec un coefficient de sécurité supérieur à 100.

2) Capacité

Les étapes de l'évaluation sont les suivantes.

- i) La tension maximale possible de la pile ou de l'accumulateur est de 30 V et 10 μF est la valeur maximale de la capacité. Aucun défaut n'a besoin d'être appliqué car la résistance de 10 $\text{k}\Omega$ est infaillible et le défaut par court-circuit ou une ouverture de circuit de la capacité conduit au circuit considéré en a) 1).
- ii) L'application des prescriptions de l'article 5 et de 10.4.2 exige que, pour un coefficient de sécurité de 1,5, la tension soit augmentée jusqu'à $1,5 \times 30 \text{ V} = 45 \text{ V}$.
- iii) En se référant à la figure A.2 pour le Groupe I, on voit que, pour 45 V, la valeur minimale de la capacité donnant lieu à une inflammation est seulement de 3 μF et à 30 V, seulement de 8 μF , aussi ce circuit ne peut pas être considéré comme de sécurité intrinsèque.

NOTE 3 – En vue de modifier le circuit pour qu'il soit de sécurité intrinsèque, il existe plusieurs possibilités. La tension du circuit ou la valeur de la capacité peuvent être réduites, ou une résistance infaillible peut être insérée en série avec la capacité de 10 μF . La figure A.2 montre que la tension minimale d'inflammation pour 10 μF est de 26 V, de sorte que la tension de la pile ou de l'accumulateur devrait être réduite à $26/1,5 = 17,3 \text{ V}$ si la valeur de 10 μF devait être maintenue. D'une autre manière, la valeur de la capacité pourrait être réduite à 8 μF , ou, puisque $10 \mu\text{F} + 5,6 \Omega$ donne une tension minimale d'inflammation de 48 V, l'insertion d'une résistance infaillible ayant une valeur minimale de 5,6 Ω en série avec la capacité conduirait également à un circuit pouvant être évalué comme étant de sécurité intrinsèque en ce qui concerne l'inflammation par étincelles pour le Groupe I.

Un problème non évoqué dans l'exposé ci-dessus, est que, en toute rigueur, les courbes de tension minimale d'inflammation pour les circuits capacitifs des figures A.2 et A.3 s'appliquent à une capacité chargée non directement connectée à une alimentation. En pratique, à condition que la source d'alimentation elle-même ait un grand coefficient de sécurité, comme dans l'exemple ci-dessus, les courbes de référence peuvent être appliquées. Cependant, si l'alimentation seule n'a qu'un faible coefficient de sécurité, la liaison à une capacité peut conduire à une situation où le circuit n'est plus de sécurité intrinsèque, même si la sécurité intrinsèque peut être déduite des figures A.2 et A.3. En général, de tels circuits ne peuvent pas être évalués de façon certaine selon le processus décrit ci-dessus et ils feront l'objet d'un essai à l'éclateur (annexe B).

NOTE 1 – For open-circuit voltages significantly below 24 V, figure A.6 should be used.

NOTE 2 – The above assessment assumes that the inductor is air-cored. If the inductor is not air-cored, such assessments can be regarded as only approximate and it is necessary to test the circuit with the spark-test apparatus (annex B) in order to establish whether or not it is intrinsically safe. In practice, if the assessment is based on a measured inductance value, the actual minimum igniting current is usually, although not always, greater than the assessed value.

b) Simple capacitive circuit

Consider now the circuit of figure A.8 which is intended for Group I application. It consists of a 30 V battery connected to a 10 μ F capacitor through a suitably mounted infallible 10 k Ω resistor. For the purpose of this example, the values of 30 V and 10 μ F are taken as maximum values, and 10 k Ω as a minimum value.

Two separate assessments are made: one to ensure that the power supply itself is intrinsically safe and the other to take account of the presence of the capacitor.

1) Power supply

Since the procedure is almost exactly that described in a) 1), no detail need be given. The power supply circuit alone can be readily assessed as being intrinsically safe in regard to spark ignition with a safety factor exceeding 100.

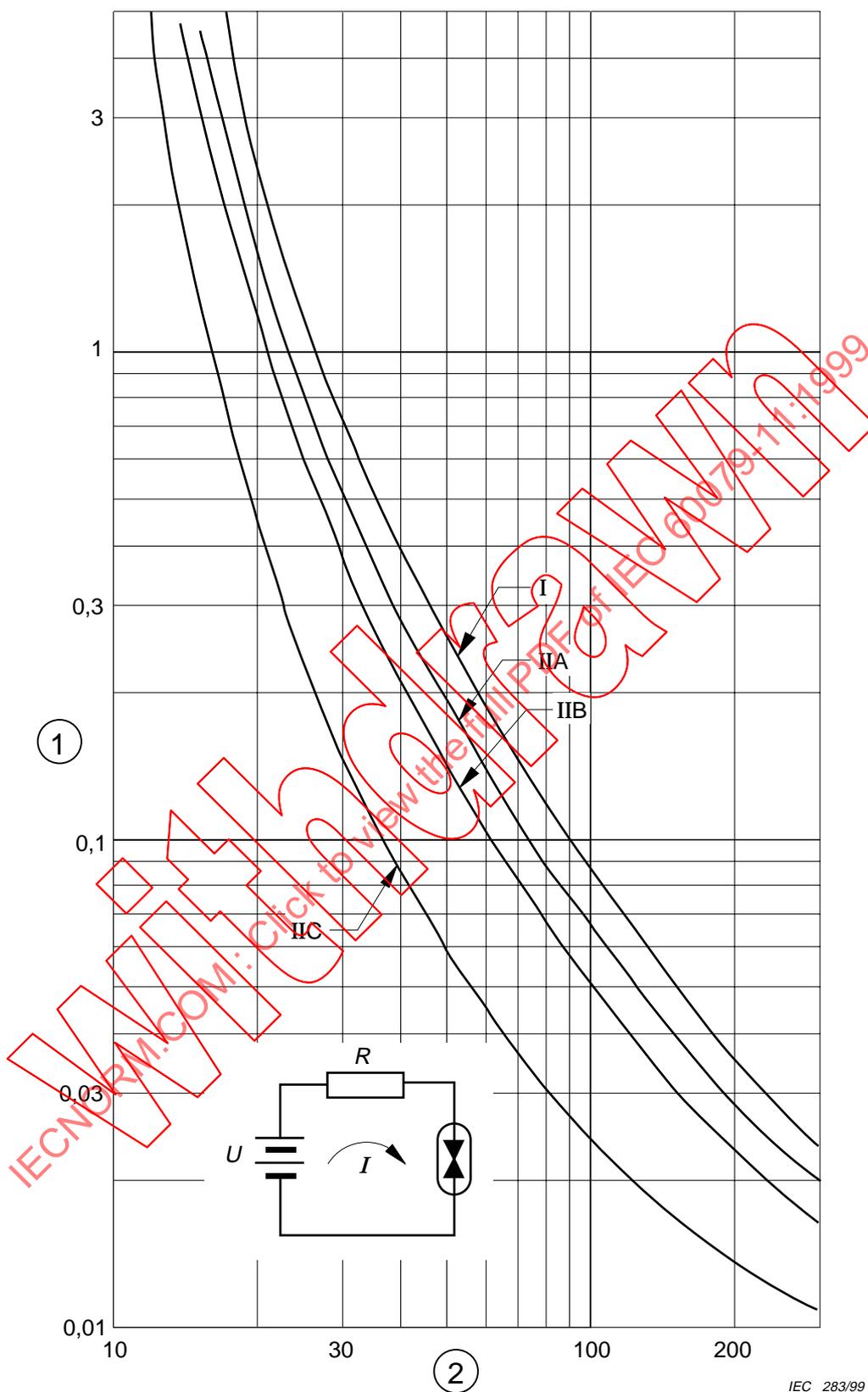
2) Capacitor

The steps in the assessment are as follows.

- i) The maximum battery voltage is 30 V, and 10 μ F is the maximum capacitance value. No faults are applied since the 10 k Ω resistor is infallible and either short-circuit or open-circuit failure of the capacitor gives rise to the circuit considered in a) 1).
- ii) Application of the requirements of clause 5 and 10.4.2 requires that, for a safety factor of 1,5, the voltage be increased to $1,5 \times 30 \text{ V} = 45 \text{ V}$.
- iii) Reference to figure A.2 for Group I shows that at 45 V the minimum value of capacitance to give ignition is only 3 μ F and at 30 V only 8 μ F, so that the circuit cannot be assessed as intrinsically safe.

NOTE 3 – To modify the circuit so that it may be assessed as being intrinsically safe, there are several possibilities. The circuit voltage or capacitance values could be reduced, or an infallible resistor could be inserted in series with the 10 μ F capacitor. Reference to figure A.2 shows that the minimum igniting voltage for 10 μ F is 26 V, so that the battery voltage would have to be reduced to $26/1,5 = 17,3 \text{ V}$ if the value of 10 μ F were to be maintained. Alternatively, the capacitance value could be reduced to 8 μ F, or, since $10 \mu\text{F} + 5,6 \Omega$ gives a minimum igniting voltage of 48 V, insertion of an infallible resistor having a minimum value of 5,6 Ω in series with the capacitor would also produce a circuit which could be assessed as intrinsically safe as regards spark ignition for Group I.

One problem ignored in the above discussion is that, strictly speaking, the minimum igniting voltage curves for capacitive circuits in figures A.2 and A.3 relate to a charged capacitor not directly connected to a power supply. In practice, provided the power supply considered by itself has a large safety factor, as in the above example, the reference curves can be applied. If, however, the power supply alone has only a minimum safety factor, interconnecting it with a capacitor can lead to a situation where the circuit is not intrinsically safe even though intrinsic safety may be inferred from figures A.2 and A.3. In general, such circuits cannot be reliably assessed in the manner described above and should be tested with the spark test apparatus (see annex B).

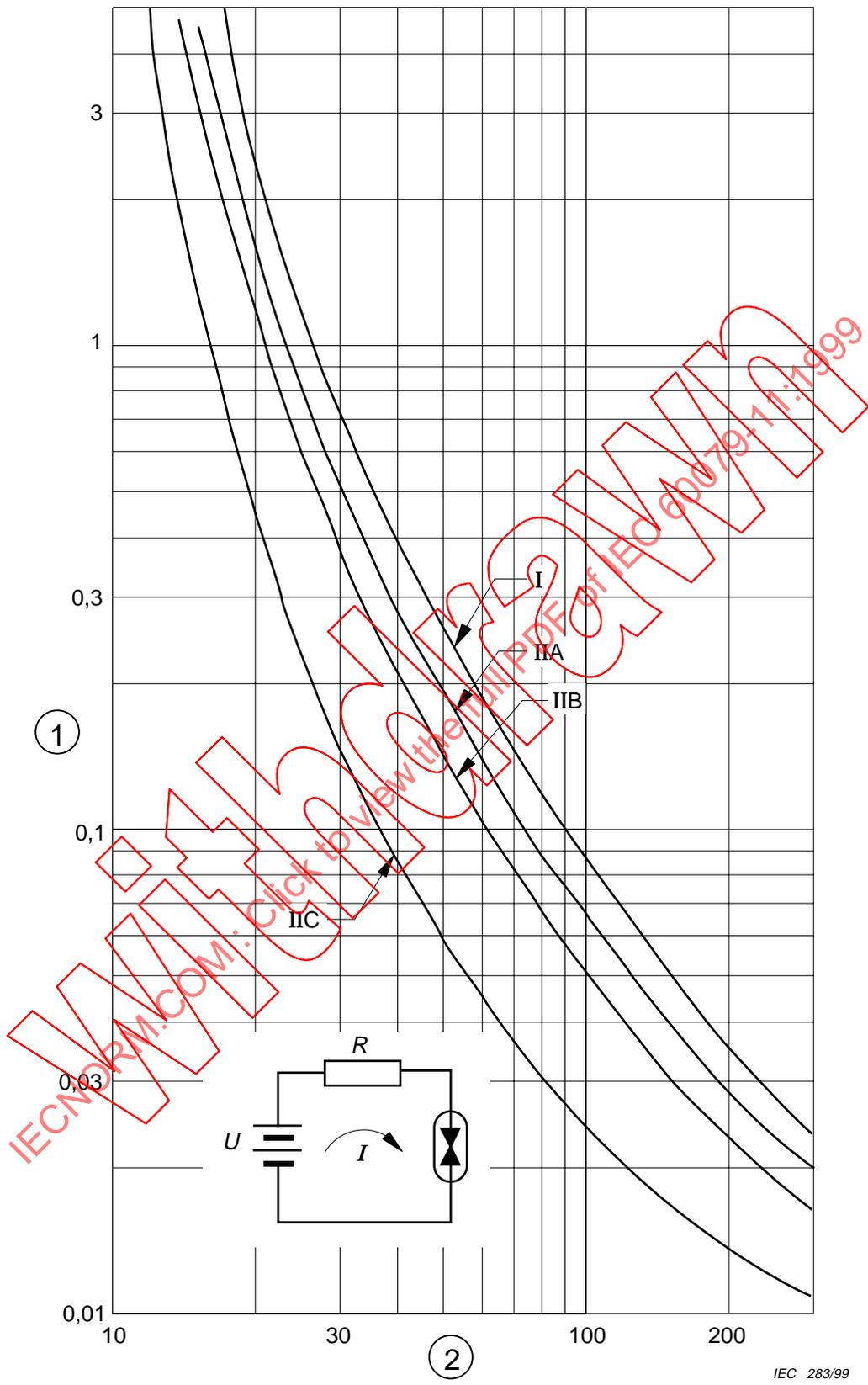


Légende

① Courant minimal d'inflammation I (A)

② Tension de la source U (V)

Figure A.1 – Circuits résistifs

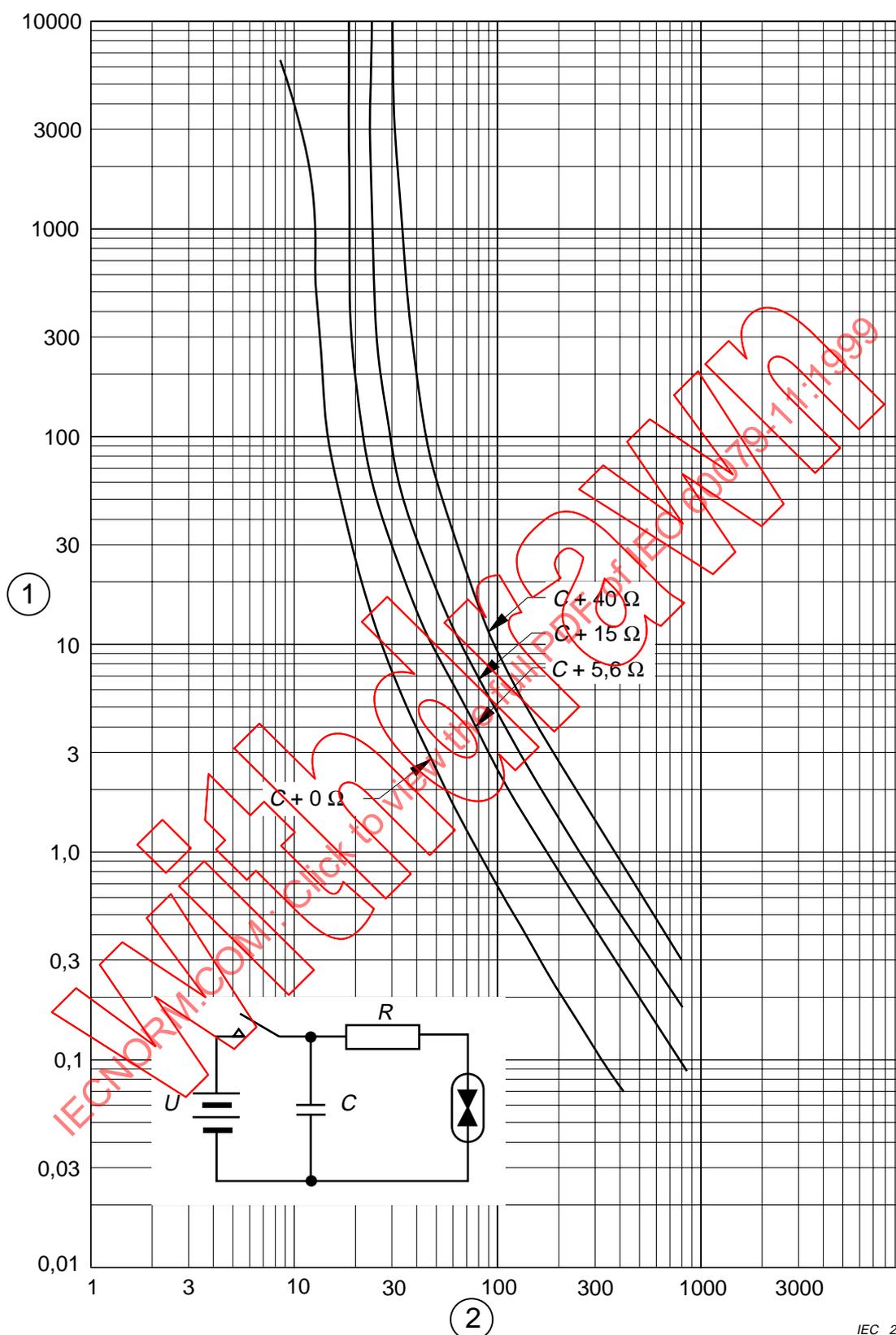


Key

① Minimum ignition current I (A)

② Source voltage U (V)

Figure A.1 – Resistive circuits



IEC 284/99

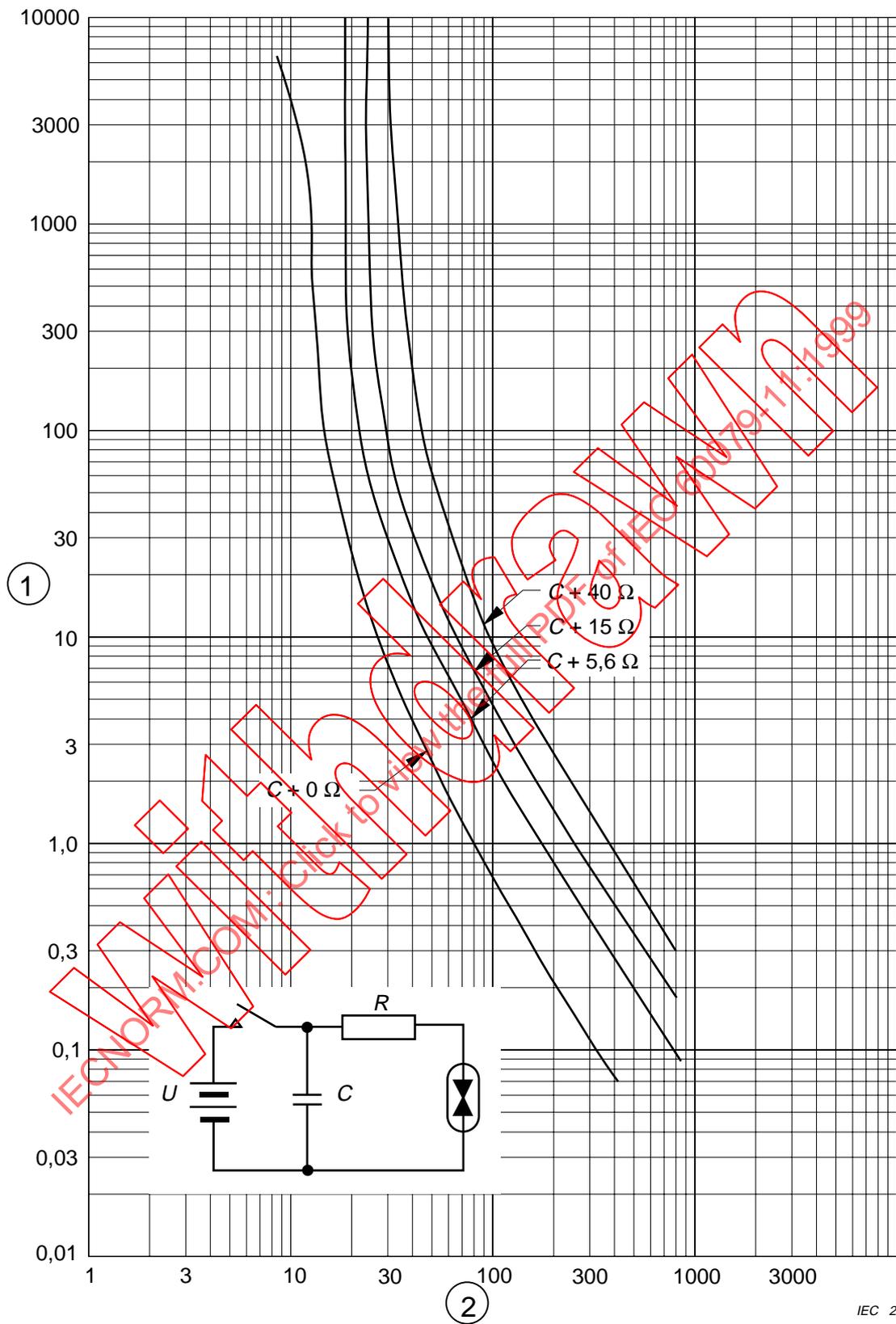
Légende

① Capacité C (μF)

② Tension minimale d'inflammation U (V)

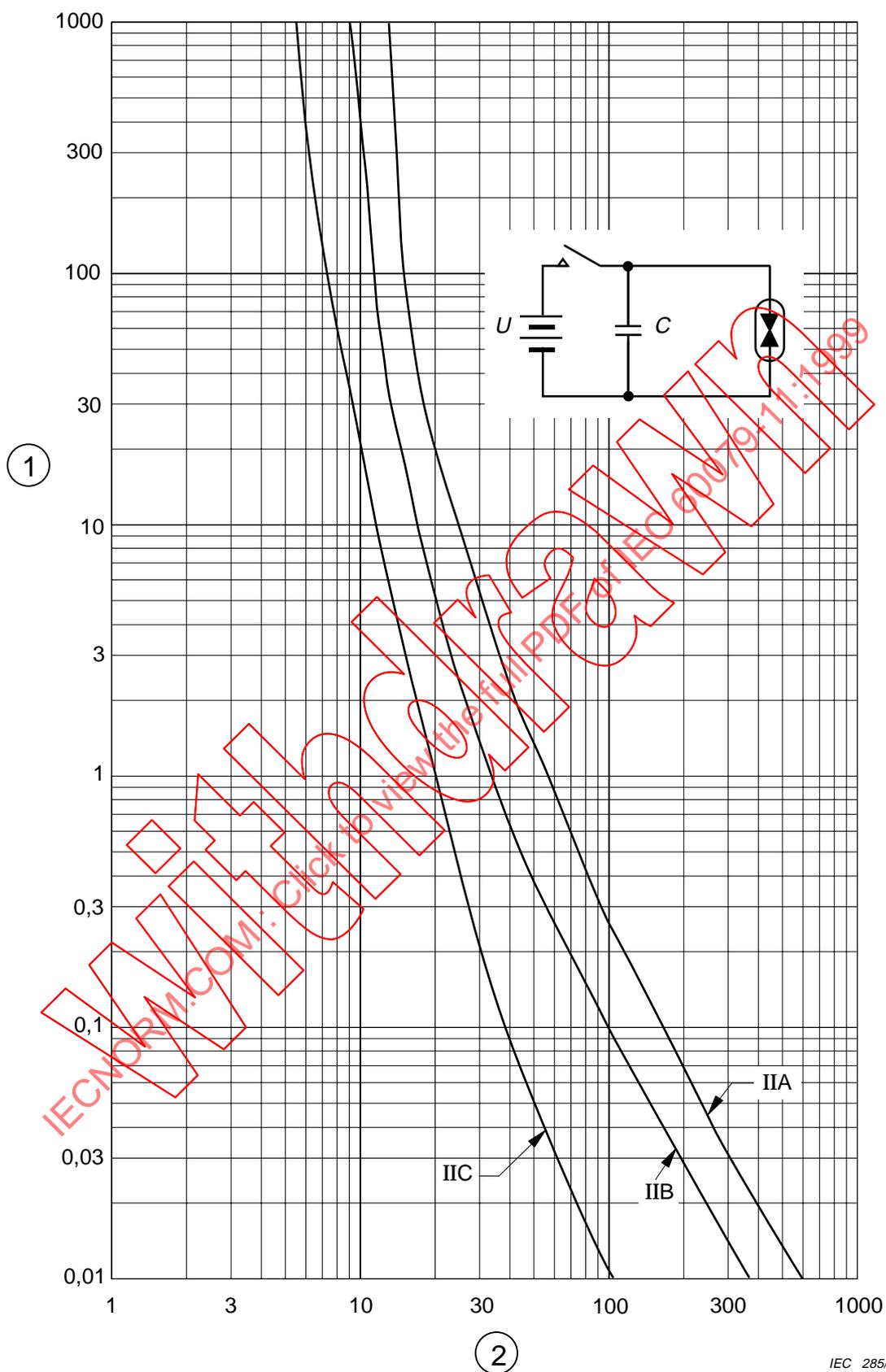
NOTE - Les courbes correspondent aux valeurs de résistance de limitation de courant indiquées.

Figure A.2 - Circuits capacitifs du Groupe I



Key
 ① Capacitance C (μF) ② Minimum igniting voltage U (V)
 NOTE - The curves correspond to values of current-limiting resistance as indicated.

Figure A.2 - Group I capacitive circuits

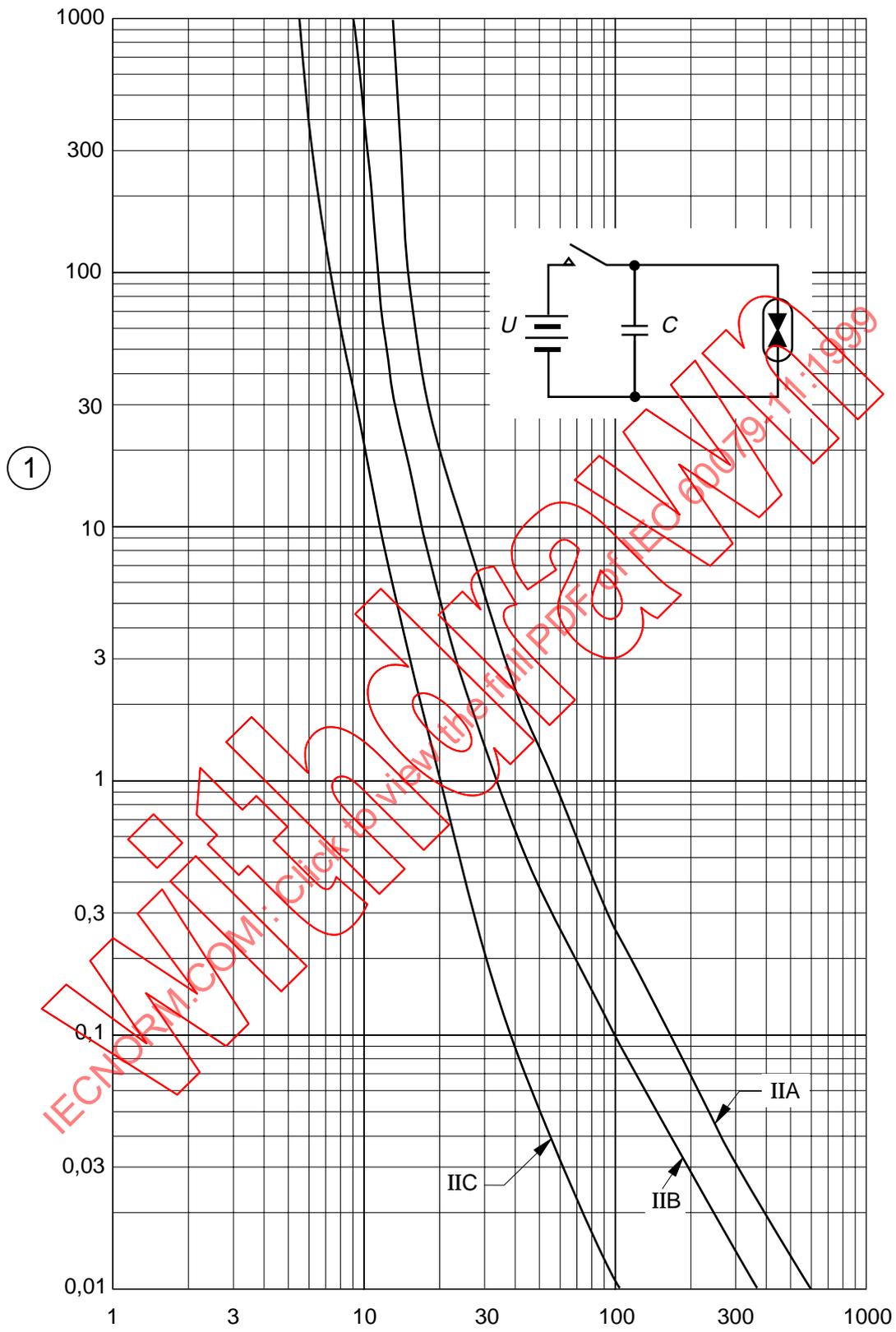


Légende

① Capacité C (μF)

② Tension minimale d'inflammation U (V)

Figure A.3 – Circuits capacitifs du Groupe II



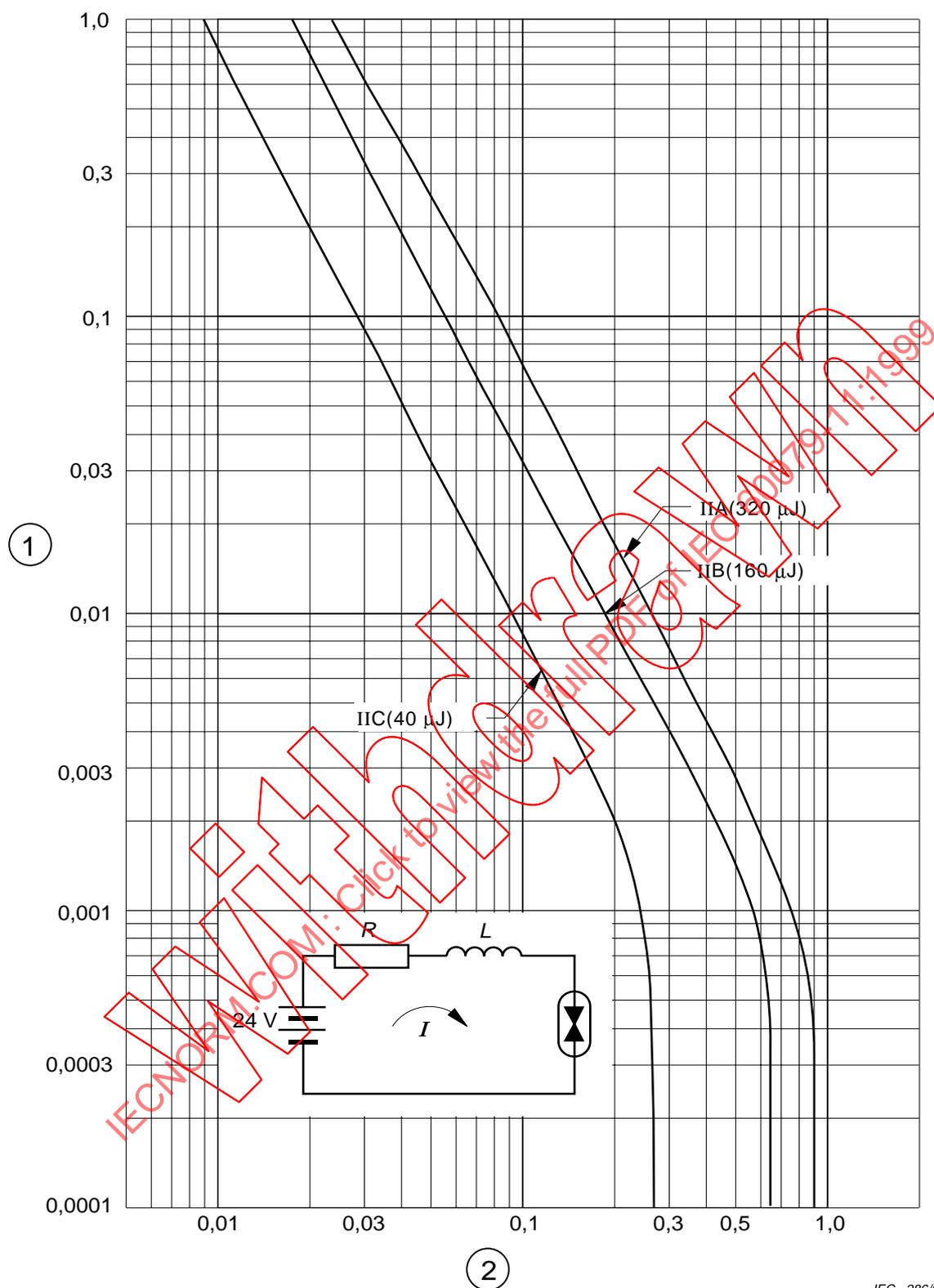
IEC 285/99

Key

① Capacitance C (μF)

② Minimum igniting voltage U (V)

Figure A.3 – Group II capacitive circuits



IEC 286/99

Légende

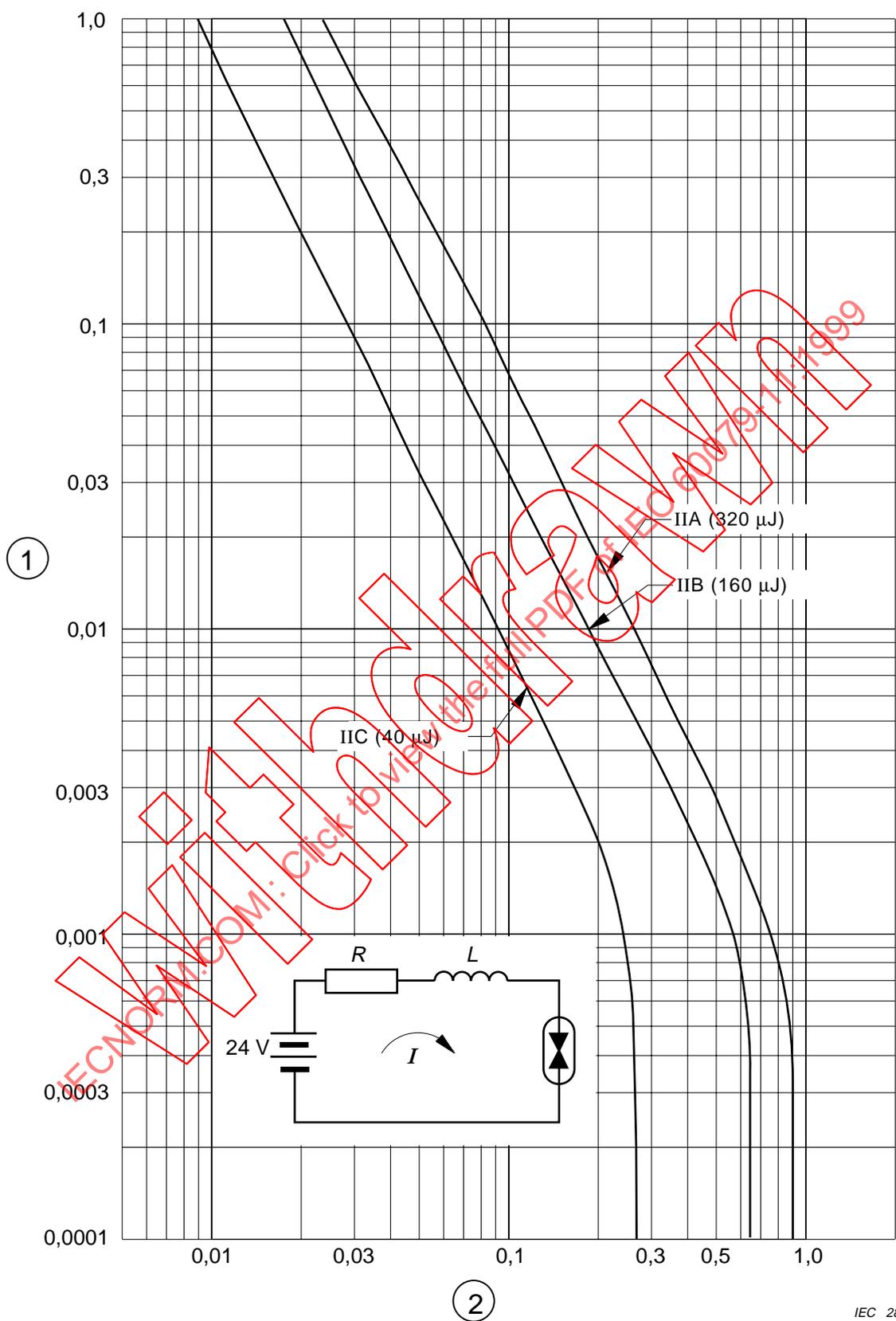
① Inductance L (H)

② Courant minimal d'inflammation I (A)

NOTE 1 - La tension du circuit d'essai est de 24 V.

NOTE 2 - Les niveaux d'énergie indiqués se réfèrent à la portion d'énergie constante de la courbe.

Figure A.4 - Circuits inductifs du Groupe II



Key

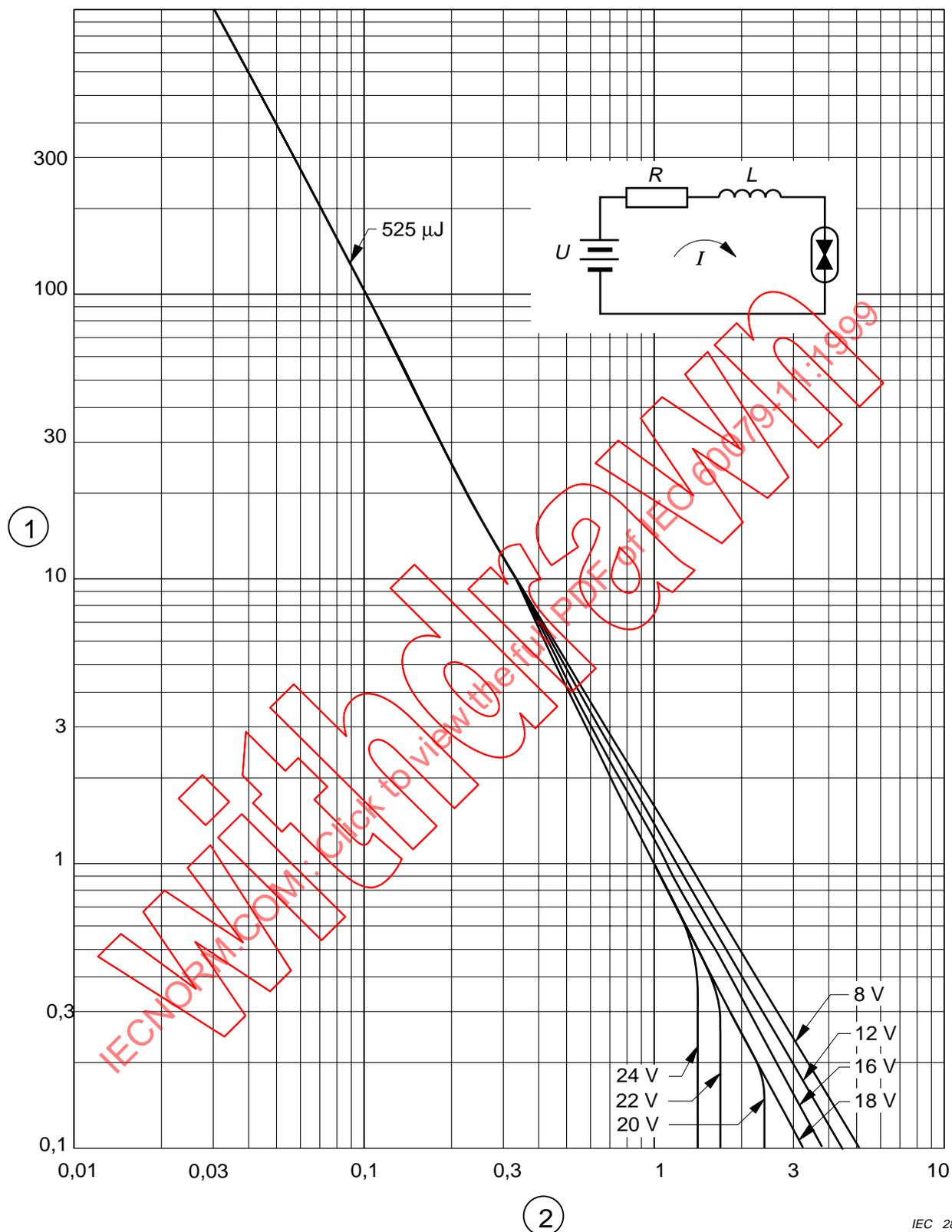
① Inductance L (H)

② Minimum igniting current I (A)

NOTE 1 - The circuit test voltage is 24 V.

NOTE 2 - The energy levels indicated refer to the constant energy portion of the curve.

Figure A.4 - Inductive circuits of Group II



Légende

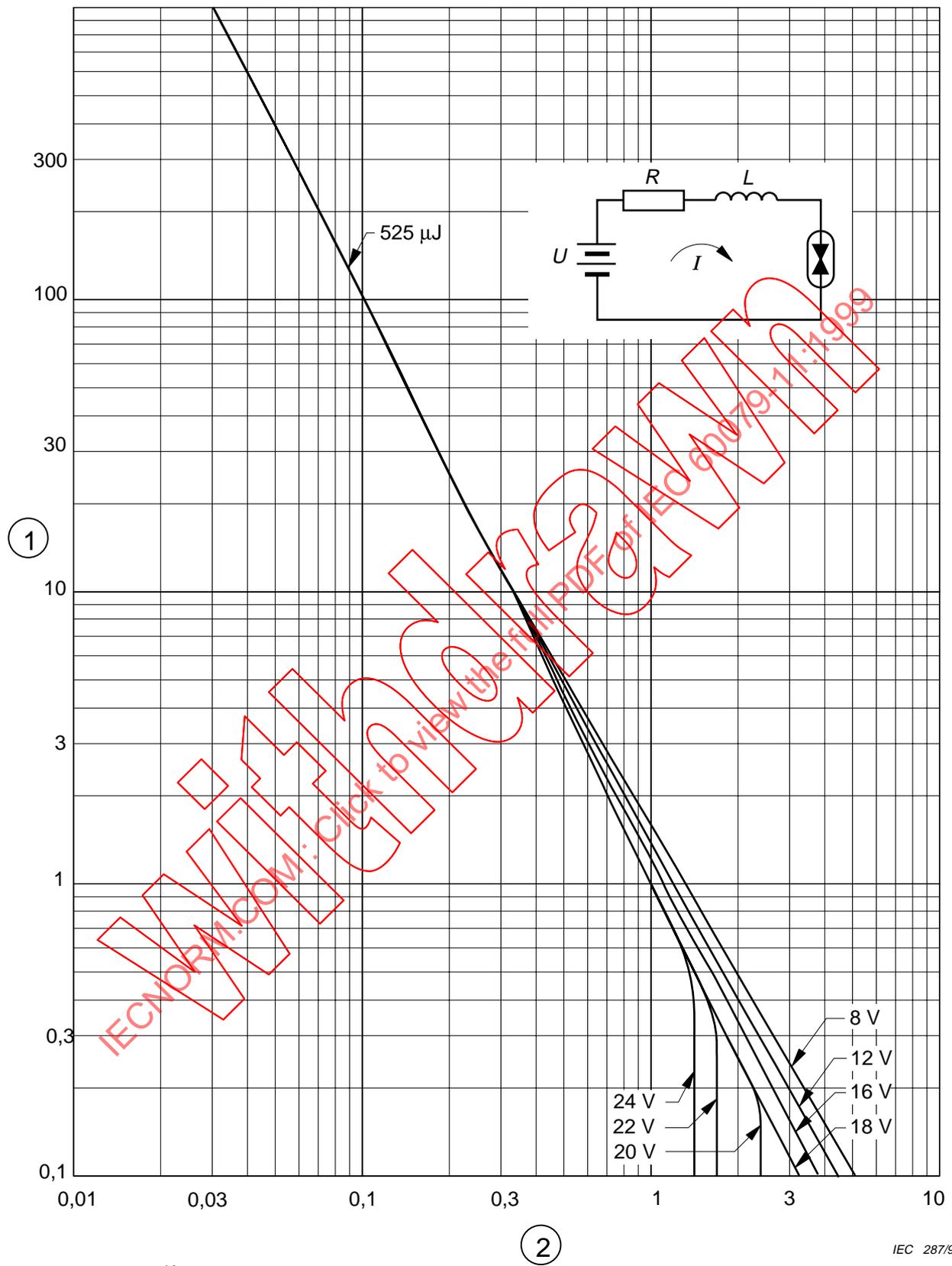
① Inductance L (mH)

② Courant minimal d'inflammation I (A)

NOTE 1 – Les courbes correspondent aux valeurs de la tension du circuit U_0 comme indiqué.

NOTE 2 – Le niveau d'énergie de $525 \mu\text{J}$ correspond à la portion d'énergie constante de la courbe.

Figure A.5 – Circuits inductifs du Groupe I



IECNORM.COM: Click to view the PDF of IEC 60079-11:1999

Key

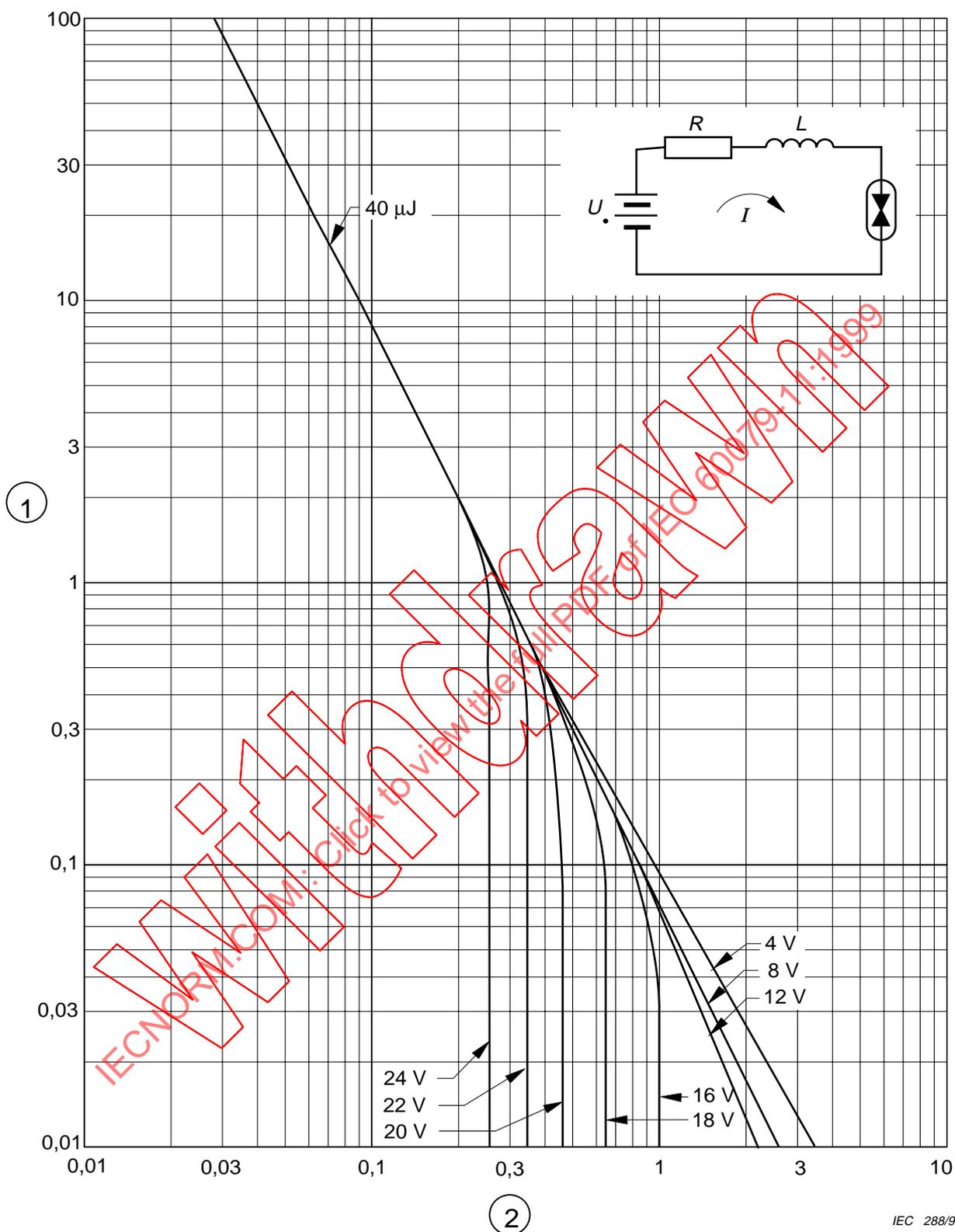
① Inductance L (mH)

② Minimum igniting current I (A)

NOTE 1 - The curves correspond to values of circuit voltage U_0 as indicated.

NOTE 2 - The energy level of $525 \mu\text{J}$ refers to the constant energy portion of the curve.

Figure A.5 - Group I inductive circuits



Légende

① Inductance L (mH)

② Courant minimal d'inflammation I (A)

NOTE 1 – Les courbes correspondent aux valeurs de la tension du circuit U_0 comme indiqué.
 NOTE 2 – Le niveau d'énergie de $40 \mu\text{J}$ correspond à l'énergie constante des courbes.

IEC 288/99

Figure A.6 – Circuits inductifs du Groupe II

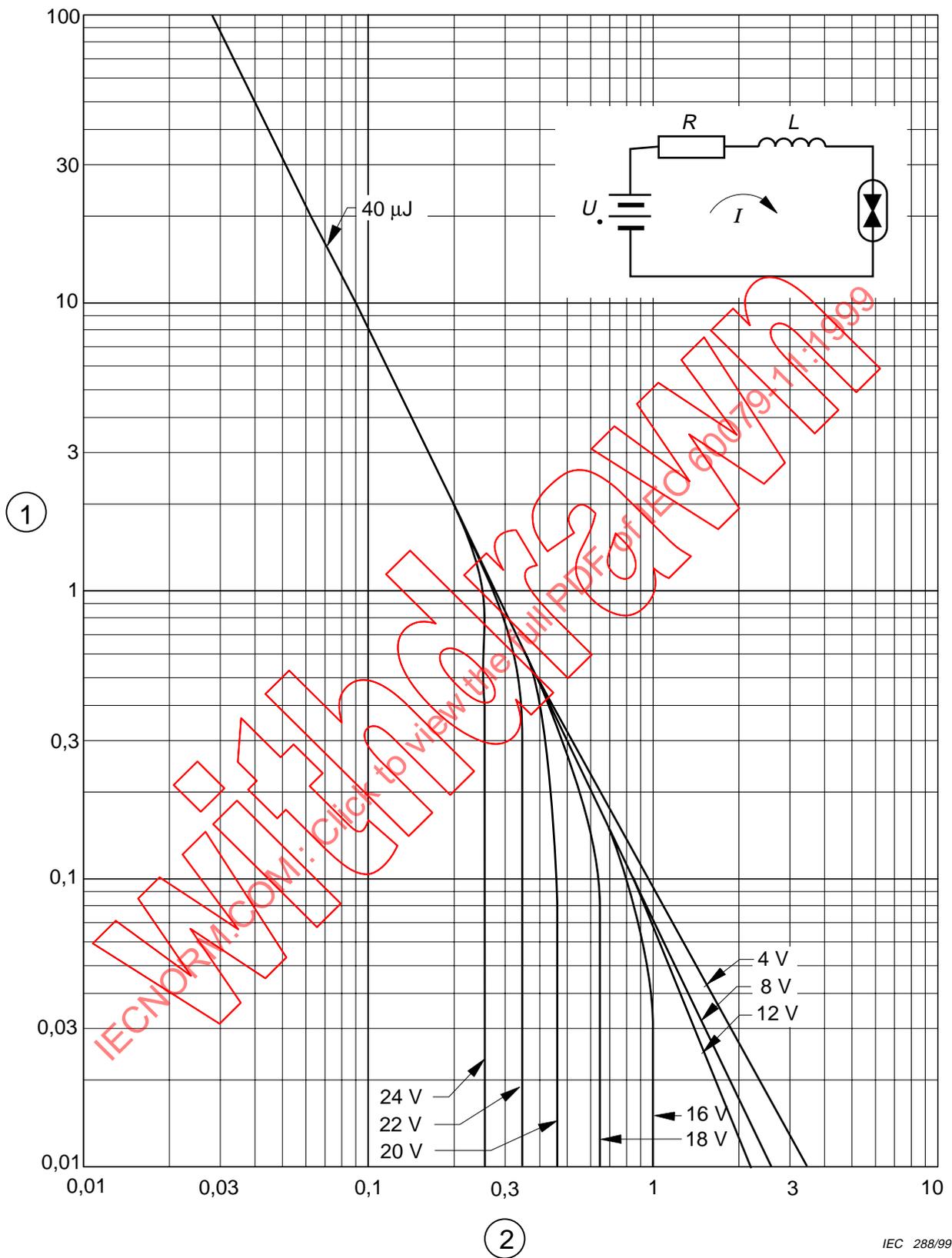


Figure A.6 – Group II inductive circuits

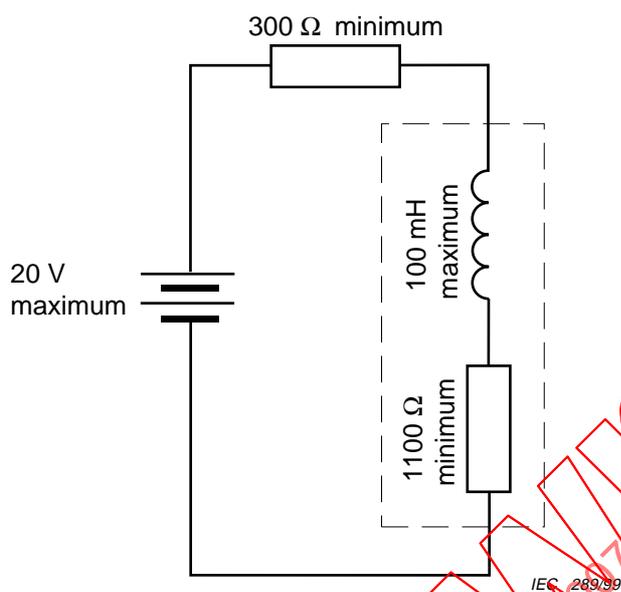


Figure A.7 – Circuit inductif simple

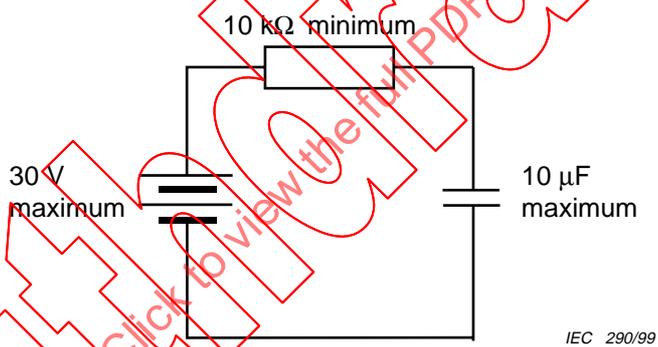


Figure A.8 – Circuit capacitif simple

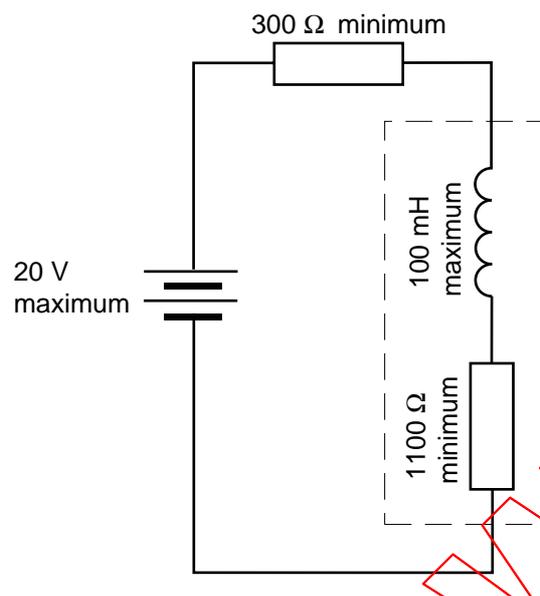


Figure A.7 – Simple inductive circuit

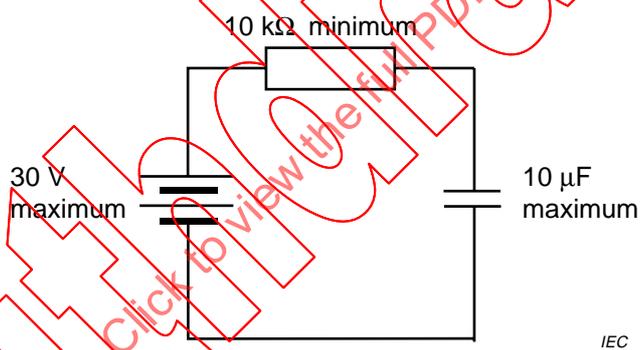


Figure A.8 – Simple capacitive circuit

Tableau A.1 – Courant de court-circuit admissible en fonction de la tension et du groupe de matériel

Tension V	Courant de court-circuit admissible A/mA					
	pour le matériel de Groupe IIC		pour le matériel de Groupe IIB		pour le matériel de Groupe IIA	
	avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
	A	A	A	A	A	A
12,0						
12,1	5,00	3,33				
12,2	4,72	3,15				
12,3	4,46	2,97				
12,4	4,21	2,81				
12,5	3,98	2,65				
12,6	3,77	2,51				
12,7	3,56	2,37				
12,8	3,37	2,25				
12,9	3,19	2,13				
13,0	3,02	2,02				
13,1	2,87	1,91				
13,2	2,72	1,81				
13,3	2,58	1,72				
13,4	2,45	1,63				
13,5	2,32	1,55	5,00	3,33		
13,6	2,21	1,47	4,86	3,24		
13,7	2,09	1,40	4,72	3,14		
13,8	1,99	1,33	4,58	3,05		
13,9	1,89	1,26	4,45	2,97		
14,0	1,80	1,20	4,33	2,88		
14,1	1,75	1,16	4,21	2,80		
14,2	1,70	1,13	4,09	2,73		
14,3	1,65	1,10	3,98	2,65		
14,4	1,60	1,07	3,87	2,58		
14,5	1,55	1,04	3,76	2,51		
14,6	1,51	1,01	3,66	2,44		
14,7	1,47	0,98	3,56	2,38		
14,8	1,43	0,95	3,47	2,31	5,00	3,33
14,9	1,39	0,93	3,38	2,25	4,86	3,24
15,0	1,35	0,900	3,29	2,19	4,73	3,15
15,1	1,31	0,875	3,20	2,14	4,60	3,07
15,2	1,28	0,851	3,12	2,08	4,48	2,99
15,3	1,24	0,828	3,04	2,03	4,36	2,91
15,4	1,21	0,806	2,96	1,98	4,25	2,83
15,5	1,18	0,784	2,89	1,92	4,14	2,76
15,6	1,15	0,769	2,81	1,88	4,03	2,69
15,7	1,12	0,744	2,74	1,83	3,92	2,62
15,8	1,09	0,724	2,68	1,78	3,82	2,55
15,9	1,06	0,705	2,61	1,74	3,72	2,48
16,0	1,03	0,687	2,55	1,70	3,63	2,42
16,1	1,00	0,669	2,48	1,66	3,54	2,36
16,2	0,98	0,652	2,42	1,61	3,45	2,30
16,3	0,95	0,636	2,36	1,57	3,36	2,24
16,4	0,93	0,620	2,31	1,54	3,28	2,19
16,5	0,91	0,604	2,25	1,50	3,20	2,13
16,6	0,88	0,589	2,20	1,47	3,12	2,08
16,7	0,86	0,575	2,15	1,43	3,04	2,03
16,8	0,84	0,560	2,10	1,40	2,97	1,98
16,9	0,82	0,547	2,05	1,37	2,90	1,93
17,0	0,80	0,533	2,00	1,34	2,83	1,89
17,1	0,78	0,523	1,96	1,31	2,76	1,84

Table A.1 – Permitted short-circuit current corresponding to the voltage and the apparatus group

Voltage V	Permitted short-circuit current A/mA					
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
	A	A	A	A	A	A
12,0						
12,1	5,00	3,33				
12,2	4,72	3,15				
12,3	4,46	2,97				
12,4	4,21	2,81				
12,5	3,98	2,65				
12,6	3,77	2,51				
12,7	3,56	2,37				
12,8	3,37	2,25				
12,9	3,19	2,13				
13,0	3,02	2,02				
13,1	2,87	1,91				
13,2	2,72	1,81				
13,3	2,58	1,72				
13,4	2,45	1,63				
13,5	2,32	1,55	5,00	3,33		
13,6	2,21	1,47	4,86	3,24		
13,7	2,09	1,40	4,72	3,14		
13,8	1,99	1,33	4,58	3,05		
13,9	1,89	1,26	4,45	2,97		
14,0	1,80	1,20	4,33	2,88		
14,1	1,75	1,16	4,21	2,80		
14,2	1,70	1,13	4,09	2,73		
14,3	1,65	1,10	3,98	2,65		
14,4	1,60	1,07	3,87	2,58		
14,5	1,55	1,04	3,76	2,51		
14,6	1,51	1,01	3,66	2,44		
14,7	1,47	0,98	3,56	2,38		
14,8	1,43	0,95	3,47	2,31	5,00	3,33
14,9	1,39	0,93	3,38	2,25	4,86	3,24
15,0	1,35	0,900	3,29	2,19	4,73	3,15
15,1	1,31	0,875	3,20	2,14	4,60	3,07
15,2	1,28	0,851	3,12	2,08	4,48	2,99
15,3	1,24	0,828	3,04	2,03	4,36	2,91
15,4	1,21	0,806	2,96	1,98	4,25	2,83
15,5	1,18	0,784	2,89	1,92	4,14	2,76
15,6	1,15	0,769	2,81	1,88	4,03	2,69
15,7	1,12	0,744	2,74	1,83	3,92	2,62
15,8	1,09	0,724	2,68	1,78	3,82	2,55
15,9	1,06	0,705	2,61	1,74	3,72	2,48
16,0	1,03	0,687	2,55	1,70	3,63	2,42
16,1	1,00	0,669	2,48	1,66	3,54	2,36
16,2	0,98	0,652	2,42	1,61	3,45	2,30
16,3	0,95	0,636	2,36	1,57	3,36	2,24
16,4	0,93	0,620	2,31	1,54	3,28	2,19
16,5	0,91	0,604	2,25	1,50	3,20	2,13
16,6	0,88	0,589	2,20	1,47	3,12	2,08
16,7	0,86	0,575	2,15	1,43	3,04	2,03
16,8	0,84	0,560	2,10	1,40	2,97	1,98
16,9	0,82	0,547	2,05	1,37	2,90	1,93
17,0	0,80	0,533	2,00	1,34	2,83	1,89
17,1	0,78	0,523	1,96	1,31	2,76	1,84

Tableau A.1 (suite)

Tension V	Courant de court-circuit admissible A/mA					
	pour le matériel de Groupe IIC		pour le matériel de Groupe IIB		pour le matériel de Groupe IIA	
	avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
	A	A	A	A	A	A
17,2	0,77	0,513	1,93	1,28	2,70	1,80
17,3	0,75	0,503	1,89	1,26	2,63	1,76
17,4	0,74	0,493	1,85	1,24	2,57	1,72
17,5	0,73	0,484	1,82	1,21	2,51	1,68
17,6	0,71	0,475	1,79	1,19	2,45	1,64
17,7	0,70	0,466	1,75	1,17	2,40	1,60
17,8	0,69	0,457	1,72	1,15	2,34	1,56
17,9	0,67	0,448	1,69	1,13	2,29	1,53
18,0	0,66	0,440	1,66	1,11	2,24	1,49
	mA	mA	mA	mA	mA	mA
18,1	648	432	1630	1087	2188	1459
18,2	636	424	1601	1068	2139	1426
18,3	625	417	1573	1049	2091	1394
18,4	613	409	1545	1030	2045	1363
18,5	602	402	1518	1012	2000	1333
18,6	592	394	1491	995	1967	1311
18,7	581	387	1466	977	1935	1290
18,8	571	380	1441	960	1903	1269
18,9	561	374	1416	944	1872	1248
19,0	551	367	1392	928	1842	1228
19,1	541	361	1368	912	1812	1208
19,2	532	355	1345	897	1784	1189
19,3	523	348	1323	882	1755	1170
19,4	514	342	1301	867	1727	1152
19,5	505	337	1279	853	1700	1134
19,6	496	331	1258	839	1673	1116
19,7	448	325	1237	825	1648	1098
19,8	480	320	1217	811	1622	1081
19,9	472	314	1197	798	1597	1065
20,0	464	309	1177	785	1572	1048
20,1	456	304	1158	772	1549	1032
20,2	448	299	1140	760	1525	1016
20,3	441	294	1122	748	1502	1001
20,4	434	289	1104	736	1479	986
20,5	427	285	1087	724	1457	971
20,6	420	280	1069	713	1435	957
20,7	413	275	1053	702	1414	943
20,8	406	271	1036	691	1393	929
20,9	400	267	1020	680	1373	915
21,0	394	262	1004	670	1353	902
21,1	387	258	989	659	1333	889
21,2	381	254	974	649	1314	876
21,3	375	250	959	639	1295	863
21,4	369	246	945	630	1276	851
21,5	364	243	930	620	1258	839
21,6	358	239	916	611	1240	827
21,7	353	235	903	602	1222	815
21,8	347	231	889	593	1205	804
21,9	342	228	876	584	1189	792
22,0	337	224	863	575	1172	781
22,1	332	221	851	567	1156	770
22,2	327	218	838	559	1140	760
22,3	322	215	826	551	1124	749
22,4	317	211	814	543	1109	739
22,5	312	208	802	535	1093	729
22,6	308	205	791	527	1078	719

Table A.1 (continued)

Voltage V	Permitted short-circuit current A/mA					
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
A	A	A	A	A	A	
17,2	0,77	0,513	1,93	1,28	2,70	1,80
17,3	0,75	0,503	1,89	1,26	2,63	1,76
17,4	0,74	0,493	1,85	1,24	2,57	1,72
17,5	0,73	0,484	1,82	1,21	2,51	1,68
17,6	0,71	0,475	1,79	1,19	2,45	1,64
17,7	0,70	0,466	1,75	1,17	2,40	1,60
17,8	0,69	0,457	1,72	1,15	2,34	1,56
17,9	0,67	0,448	1,69	1,13	2,29	1,53
18,0	0,66	0,440	1,66	1,11	2,24	1,49
	mA	mA	mA	mA	mA	mA
18,1	648	432	1630	1087	2188	1459
18,2	636	424	1601	1068	2139	1426
18,3	625	417	1573	1049	2091	1394
18,4	613	409	1545	1030	2045	1363
18,5	602	402	1518	1012	2000	1333
18,6	592	394	1491	995	1967	1311
18,7	581	387	1466	977	1935	1290
18,8	571	380	1441	960	1903	1269
18,9	561	374	1416	944	1872	1248
19,0	551	367	1392	928	1842	1228
19,1	541	361	1368	912	1812	1208
19,2	532	355	1345	897	1784	1189
19,3	523	348	1323	882	1755	1170
19,4	514	342	1301	867	1727	1152
19,5	505	337	1279	853	1700	1134
19,6	496	331	1258	839	1673	1116
19,7	448	325	1237	825	1648	1098
19,8	480	320	1217	811	1622	1081
19,9	472	314	1197	798	1597	1065
20,0	464	309	1177	785	1572	1048
20,1	456	304	1158	772	1549	1032
20,2	448	299	1140	760	1525	1016
20,3	441	294	1122	748	1502	1001
20,4	434	289	1104	736	1479	986
20,5	427	285	1087	724	1457	971
20,6	420	280	1069	713	1435	957
20,7	413	275	1053	702	1414	943
20,8	406	271	1036	691	1393	929
20,9	400	267	1020	680	1373	915
21,0	394	262	1004	670	1353	902
21,1	387	258	989	659	1333	889
21,2	381	254	974	649	1314	876
21,3	375	250	959	639	1295	863
21,4	369	246	945	630	1276	851
21,5	364	243	930	620	1258	839
21,6	358	239	916	611	1240	827
21,7	353	235	903	602	1222	815
21,8	347	231	889	593	1205	804
21,9	342	228	876	584	1189	792
22,0	337	224	863	575	1172	781
22,1	332	221	851	567	1156	770
22,2	327	218	838	559	1140	760
22,3	322	215	826	551	1124	749
22,4	317	211	814	543	1109	739
22,5	312	208	802	535	1093	729
22,6	308	205	791	527	1078	719

Tableau A.1 (suite)

Tension V	Courant de court-circuit admissible A/mA					
	pour le matériel de Groupe IIC		pour le matériel de Groupe IIB		pour le matériel de Groupe IIA	
	avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de	
	x1 mA	x1,5 mA	x1 mA	x1,5 mA	x1 mA	x1,5 mA
22,7	303	202	779	520	1064	709
22,8	299	199	768	512	1050	700
22,9	294	196	757	505	1036	690
23,0	290	193	747	498	1022	681
23,1	287	191	736	491	1008	672
23,2	284	189	726	484	995	663
23,3	281	187	716	477	982	655
23,4	278	185	706	471	969	646
23,5	275	183	696	464	956	638
23,6	272	182	687	458	944	629
23,7	270	180	677	452	932	621
23,8	267	178	668	445	920	613
23,9	264	176	659	439	908	605
24,0	261	174	650	433	896	597
24,1	259	173	644	429	885	590
24,2	256	171	637	425	873	582
24,3	253	169	631	421	862	575
24,4	251	167	625	416	852	568
24,5	248	166	618	412	841	561
24,6	246	164	612	408	830	554
24,7	244	163	606	404	820	547
24,8	241	161	601	400	810	540
24,9	239	159	595	396	800	533
25,0	237	158	589	393	790	527
25,1	234	156	583	389	780	520
25,2	232	155	578	385	771	514
25,3	230	153	572	381	762	508
25,4	228	152	567	378	752	502
25,5	226	150	561	374	743	496
25,6	223	149	556	371	734	490
25,7	221	148	551	367	726	484
25,8	219	146	546	364	717	478
25,9	217	145	541	360	708	472
26,0	215	143	536	357	700	467
26,1	213	142	531	354	694	463
26,2	211	141	526	350	688	459
26,3	209	139	521	347	683	455
26,4	207	138	516	344	677	451
26,5	205	137	512	341	671	447
26,6	203	136	507	338	666	444
26,7	202	134	502	335	660	440
26,8	200	133	498	332	655	437
26,9	198	132	493	329	649	433
27,0	196	131	489	326	644	429
27,1	194	130	485	323	639	426
27,2	193	128	480	320	634	422
27,3	191	127	476	317	629	419
27,4	189	126	472	315	624	416
27,5	188	125	468	312	619	412
27,6	186	124	464	309	614	409
27,7	184	123	460	306	609	406
27,8	183	122	456	304	604	403
27,9	181	121	452	301	599	399
28,0	180	120	448	299	594	396
28,1	178	119	444	296	590	393
28,2	176	118	440	293	585	390

Table A.1 (continued)

Voltage V	Permitted short-circuit current A/mA					
	for Group IIC apparatus with a factor of safety of		for Group IIB apparatus with a factor of safety of		for Group IIA apparatus with a factor of safety of	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
	mA	mA	mA	mA	mA	mA
22,7	303	202	779	520	1064	709
22,8	299	199	768	512	1050	700
22,9	294	196	757	505	1036	690
23,0	290	193	747	498	1022	681
23,1	287	191	736	491	1008	672
23,2	284	189	726	484	995	663
23,3	281	187	716	477	982	655
23,4	278	185	706	471	969	646
23,5	275	183	696	464	956	638
23,6	272	182	687	458	944	629
23,7	270	180	677	452	932	621
23,8	267	178	668	445	920	613
23,9	264	176	659	439	908	605
24,0	261	174	650	433	896	597
24,1	259	173	644	429	885	590
24,2	256	171	637	425	873	582
24,3	253	169	631	421	862	575
24,4	251	167	625	416	852	568
24,5	248	166	618	412	841	561
24,6	246	164	612	408	830	554
24,7	244	163	606	404	820	547
24,8	241	161	601	400	810	540
24,9	239	159	595	396	800	533
25,0	237	158	589	393	790	527
25,1	234	156	583	389	780	520
25,2	232	155	578	385	771	514
25,3	230	153	572	381	762	508
25,4	228	152	567	378	752	502
25,5	226	150	561	374	743	496
25,6	223	149	556	371	734	490
25,7	221	148	551	367	726	484
25,8	219	146	546	364	717	478
25,9	217	145	541	360	708	472
26,0	215	143	536	357	700	467
26,1	213	142	531	354	694	463
26,2	211	141	526	350	688	459
26,3	209	139	521	347	683	455
26,4	207	138	516	344	677	451
26,5	205	137	512	341	671	447
26,6	203	136	507	338	666	444
26,7	202	134	502	335	660	440
26,8	200	133	498	332	655	437
26,9	198	132	493	329	649	433
27,0	196	131	489	326	644	429
27,1	194	130	485	323	639	426
27,2	193	128	480	320	634	422
27,3	191	127	476	317	629	419
27,4	189	126	472	315	624	416
27,5	188	125	468	312	619	412
27,6	186	124	464	309	614	409
27,7	184	123	460	306	609	406
27,8	183	122	456	304	604	403
27,9	181	121	452	301	599	399
28,0	180	120	448	299	594	396
28,1	178	119	444	296	590	393
28,2	176	118	440	293	585	390

Tableau A.1 (suite)

Tension V	Courant de court-circuit admissible A/mA					
	pour le matériel de Groupe IIC		pour le matériel de Groupe IIB		pour le matériel de Groupe IIA	
	avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de	
	x1 mA	x1,5 mA	x1 mA	x1,5 mA	x1 mA	x1,5 mA
28,3	175	117	436	291	581	387
28,4	173	116	433	288	576	384
28,5	172	115	429	286	572	381
28,6	170	114	425	284	567	378
28,7	169	113	422	281	563	375
28,8	168	112	418	279	559	372
28,9	166	111	415	277	554	370
29,0	165	110	411	274	550	367
29,1	163	109	408	272	546	364
29,2	162	108	405	270	542	361
29,3	161	107	401	268	538	358
29,4	159	106	398	265	534	356
29,5	158	105	395	263	530	353
29,6	157	105	392	261	526	351
29,7	155	104	388	259	522	348
29,8	154	103	385	257	518	345
29,9	153	102	382	255	514	343
30,0	152	101	379	253	510	340
30,2	149	99,5	373	249	503	335
30,4	147	97,9	367	245	496	330
30,6	145	96,3	362	241	489	326
30,8	142	94,8	356	237	482	321
31,0	140	93,3	350	233	475	317
31,2	138	92,2	345	230	468	312
31,4	137	91,0	339	226	462	308
31,6	135	89,9	334	223	455	303
31,8	133	88,8	329	219	449	299
32,0	132	87,8	324	216	442	295
32,2	130	86,7	319	213	436	291
32,4	129	85,7	315	210	431	287
32,6	127	84,7	310	207	425	283
32,8	126	83,7	305	204	419	279
33,0	124	82,7	301	201	414	276
33,2	123	81,7	297	198	408	272
33,4	121	80,8	292	195	403	268
33,6	120	79,8	288	192	398	265
38,8	118	78,9	284	189	393	262
34,0	117	78,0	280	187	389	259
34,2	116	77,2	277	185	384	256
34,4	114	76,3	274	183	380	253
34,6	113	75,4	271	181	376	251
34,8	112	74,6	269	179	372	248
35,0	111	73,8	266	177	368	245
35,2	109	73,0	263	175	364	242
35,4	108	72,2	260	174	360	240
35,6	107	71,4	258	172	356	237
35,8	106	70,6	255	170	352	235
36,0	105	69,9	253	168	348	232
36,2	104	69,1	250	167	345	230
36,4	103	68,4	248	165	341	227
36,6	102	67,7	245	164	337	225
36,8	100	66,9	243	162	334	223

Table A.1 (continued)

Voltage V	Permitted short-circuit current A/mA					
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	x1 mA	x1,5 mA	x1 mA	x1,5 mA	x1 mA	x1,5 mA
28,3	175	117	436	291	581	387
28,4	173	116	433	288	576	384
28,5	172	115	429	286	572	381
28,6	170	114	425	284	567	378
28,7	169	113	422	281	563	375
28,8	168	112	418	279	559	372
28,9	166	111	415	277	554	370
29,0	165	110	411	274	550	367
29,1	163	109	408	272	546	364
29,2	162	108	405	270	542	361
29,3	161	107	401	268	538	358
29,4	159	106	398	265	534	356
29,5	158	105	395	263	530	353
29,6	157	105	392	261	526	351
29,7	155	104	388	259	522	348
29,8	154	103	385	257	518	345
29,9	153	102	382	255	514	343
30,0	152	101	379	253	510	340
30,2	149	99,5	373	249	503	335
30,4	147	97,9	367	245	496	330
30,6	145	96,3	362	241	489	326
30,8	142	94,8	356	237	482	321
31,0	140	93,3	350	233	475	317
31,2	138	92,2	345	230	468	312
31,4	137	91,0	339	226	462	308
31,6	135	89,9	334	223	455	303
31,8	133	88,8	329	219	449	299
32,0	132	87,8	324	216	442	295
32,2	130	86,7	319	213	436	291
32,4	129	85,7	315	210	431	287
32,6	127	84,7	310	207	425	283
32,8	126	83,7	305	204	419	279
33,0	124	82,7	301	201	414	276
33,2	123	81,7	297	198	408	272
33,4	121	80,8	292	195	403	268
33,6	120	79,8	288	192	398	265
38,8	118	78,9	284	189	393	262
34,0	117	78,0	280	187	389	259
34,2	116	77,2	277	185	384	256
34,4	114	76,3	274	183	380	253
34,6	113	75,4	271	181	376	251
34,8	112	74,6	269	179	372	248
35,0	111	73,8	266	177	368	245
35,2	109	73,0	263	175	364	242
35,4	108	72,2	260	174	360	240
35,6	107	71,4	258	172	356	237
35,8	106	70,6	255	170	352	235
36,0	105	69,9	253	168	348	232
36,2	104	69,1	250	167	345	230
36,4	103	68,4	248	165	341	227
36,6	102	67,7	245	164	337	225
36,8	100	66,9	243	162	334	223

Tableau A.1 (fin)

Tension V	Courant de court-circuit admissible A/mA					
	pour le matériel de Groupe IIC		pour le matériel de Groupe IIB		pour le matériel de Groupe IIA	
	avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de	
	x1 mA	x1,5 mA	x1 mA	x1,5 mA	x1 mA	x1,5 mA
37,0	99,4	66,2	241	160	330	220
37,2	98,3	65,6	238	159	327	218
37,4	97,3	64,9	236	157	324	216
37,6	96,3	64,2	234	156	320	214
37,8	95,3	63,6	231	154	317	211
38,0	94,4	62,9	229	153	314	209
38,2	93,4	62,3	227	151	311	207
38,4	92,5	61,6	225	150	308	205
38,6	91,5	61,0	223	149	304	203
38,8	90,6	60,4	221	147	301	201
39,0	89,7	59,8	219	146	298	199
39,2	88,8	59,2	217	145	296	197
39,4	88,0	58,6	215	143	293	195
39,6	87,1	58,1	213	142	290	193
39,8	86,3	57,5	211	141	287	191
40,0	85,4	57,0	209	139	284	190
40,5	83,4	55,6	205	136	278	185
41,0	81,4	54,3	200	133	271	181
41,5	79,6	53,0	196	131	265	177
42,0	77,7	51,8	192	128	259	173
42,5	76,0	50,6	188	125	253	169
43,0	74,3	49,5	184	122	247	165
43,5	72,6	48,4	180	120	242	161
44,0	71,0	47,4	176	117	237	158
44,5	69,5	46,3	173	115	231	154
45,0	68,0	45,3	169	113	227	151

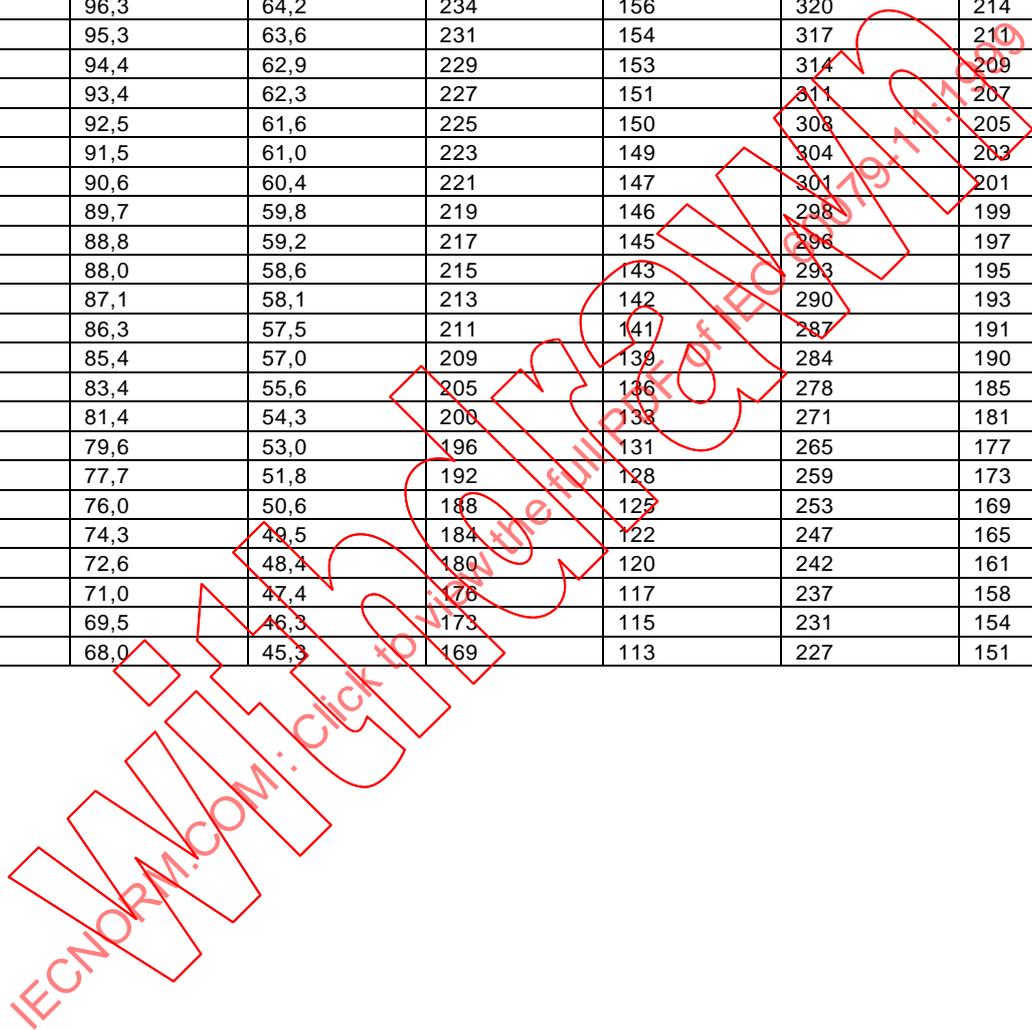


Table A.1 (concluded)

Voltage V	Permitted short-circuit current A/mA					
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	x1 mA	x1,5 mA	x1 mA	x1,5 mA	x1 mA	x1,5 mA
37,0	99,4	66,2	241	160	330	220
37,2	98,3	65,6	238	159	327	218
37,4	97,3	64,9	236	157	324	216
37,6	96,3	64,2	234	156	320	214
37,8	95,3	63,6	231	154	317	211
38,0	94,4	62,9	229	153	314	209
38,2	93,4	62,3	227	151	311	207
38,4	92,5	61,6	225	150	308	205
38,6	91,5	61,0	223	149	304	203
38,8	90,6	60,4	221	147	301	201
39,0	89,7	59,8	219	146	298	199
39,2	88,8	59,2	217	145	296	197
39,4	88,0	58,6	215	143	293	195
39,6	87,1	58,1	213	142	290	193
39,8	86,3	57,5	211	141	287	191
40,0	85,4	57,0	209	139	284	190
40,5	83,4	55,6	205	136	278	185
41,0	81,4	54,3	200	133	271	181
41,5	79,6	53,0	196	131	265	177
42,0	77,7	51,8	192	128	259	173
42,5	76,0	50,6	188	125	253	169
43,0	74,3	49,5	184	122	247	165
43,5	72,6	48,4	180	120	242	161
44,0	71,0	47,4	176	117	237	158
44,5	69,5	46,3	173	115	231	154
45,0	68,0	45,3	169	113	227	151

Tableau A.2 – Capacité admissible en fonction de la tension et du groupe de matériel

Tension V	Capacité admissible μF/nF					
	pour le matériel de Groupe IIC		pour le matériel de Groupe IIB		pour le matériel de Groupe IIA	
	avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
	μF	μF	μF	μF	μF	μF
5,0		100				
5,1		88				
5,2		79				
5,3		71				
5,4		65				
5,5		58				
5,6	1000	54				
5,7	860	50				
5,8	750	46				
5,9	670	43				
6,0	600	40		1000		
6,1	535	37		880		
6,2	475	34		790		
6,3	420	31		720		
6,4	370	28		650		
6,5	325	25		570		
6,6	285	22		500		
6,7	250	19,6		430		
6,8	220	17,9		380		
6,9	200	16,8		335		
7,0	175	15,7		300		
7,1	155	14,6		268		
7,2	136	13,5		240		
7,3	120	12,7		216		
7,4	110	11,9		195		
7,5	100	11,1		174		
7,6	92	10,4		160		
7,7	85	9,8		145		
7,8	79	9,3		130		
7,9	74	8,8		115		
8,0	69	8,4		100		
8,1	65	8,0		90		
8,2	61	7,6		81		
8,3	56	7,2		73		
8,4	54	6,8		66		
8,5	51	6,5		60		
8,6	49	6,2		55		
8,7	47	5,9		50		1000
8,8	45	5,5		46		730
8,9	42	5,2		43		590
9,0	40	4,9	1000	40		500
9,1	38	4,6	920	37		446
9,2	36	4,3	850	34		390
9,3	34	4,1	790	31		345
9,4	32	3,9	750	29		300
9,5	30	3,7	700	27		255
9,6	28	3,6	650	26		210
9,7	26	3,5	600	24		170
9,8	24	3,3	550	23		135
9,9	22	3,2	500	22		115
10,0	20,0	3,0	450	20,0		100
10,1	18,7	2,87	410	19,4		93
10,2	17,8	2,75	380	18,7		88
10,3	17,1	2,63	350	18,0		83
10,4	16,4	2,52	325	17,4		79
10,5	15,7	2,41	300	16,8		75
10,6	15,0	2,32	280	16,2		72

Table A.2 – Permitted capacitance corresponding to the voltage and the apparatus group

Voltage V	Permitted capacitance $\mu\text{F}/\text{nF}$					
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
	μF	μF	μF	μF	μF	μF
5,0		100				
5,1		88				
5,2		79				
5,3		71				
5,4		65				
5,5		58				
5,6	1000	54				
5,7	860	50				
5,8	750	46				
5,9	670	43				
6,0	600	40		1000		
6,1	535	37		880		
6,2	475	34		790		
6,3	420	31		720		
6,4	370	28		650		
6,5	325	25		570		
6,6	285	22		500		
6,7	250	19,6		430		
6,8	220	17,9		380		
6,9	200	16,8		335		
7,0	175	15,7		300		
7,1	155	14,6		268		
7,2	136	13,5		240		
7,3	120	12,7		216		
7,4	110	11,9		195		
7,5	100	11,1		174		
7,6	92	10,4		160		
7,7	85	9,8		145		
7,8	79	9,3		130		
7,9	74	8,8		115		
8,0	69	8,4		100		
8,1	65	8,0		90		
8,2	61	7,6		81		
8,3	56	7,2		73		
8,4	54	6,8		66		
8,5	51	6,5		60		
8,6	49	6,2		55		
8,7	47	5,9		50		1000
8,8	45	5,5		46		730
8,9	42	5,2		43		590
9,0	40	4,9	1000	40		500
9,1	38	4,6	920	37		446
9,2	36	4,3	850	34		390
9,3	34	4,1	790	31		345
9,4	32	3,9	750	29		300
9,5	30	3,7	700	27		255
9,6	28	3,6	650	26		210
9,7	26	3,5	600	24		170
9,8	24	3,3	550	23		135
9,9	22	3,2	500	22		115
10,0	20,0	3,0	450	20,0		100
10,1	18,7	2,87	410	19,4		93
10,2	17,8	2,75	380	18,7		88
10,3	17,1	2,63	350	18,0		83
10,4	16,4	2,52	325	17,4		79
10,5	15,7	2,41	300	16,8		75
10,6	15,0	2,32	280	16,2		72

Tableau A.2 (suite)

Tension V	Capacité admissible μF/nF					
	pour le matériel de Groupe IIC		pour le matériel de Groupe IIB		pour le matériel de Groupe IIA	
	avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
	μF	μF	μF	μF	μF	μF
10,7	14,2	2,23	260	15,6		69
10,8	13,5	2,14	240	15,0		66
10,9	13,0	2,05	225	14,4		63
11,0	12,5	1,97	210	13,8		60
11,1	11,9	1,90	195	13,2		57,0
11,2	11,4	1,84	180	12,6		54,0
11,3	10,9	1,79	170	12,1		51,0
11,4	10,4	1,71	160	11,7		48,0
11,5	10,0	1,64	150	11,2		46,0
11,6	9,6	1,59	140	10,8		43,0
11,7	9,3	1,54	130	10,3		41,0
11,8	9,0	1,50	120	9,9		39,0
11,9	8,7	1,45	110	9,4		37,0
12,0	8,4	1,41	100	9,0		36,0
12,1	8,1	1,37	93	8,7		34,0
12,2	7,9	1,32	87	8,4		33,0
12,3	7,6	1,28	81	8,1		31,0
12,4	7,2	1,24	75	7,9		30,0
12,5	7,0	1,20	70	7,7		28,0
12,6	6,8	1,15	66	7,4		27,0
12,7	6,6	1,10	62	7,1		25,4
12,8	6,4	1,06	58	6,8		24,2
12,9	6,2	1,03	55	6,5		23,2
13,0	6,0	1,00	52	6,2	1000	22,5
13,1	5,7	0,97	49	6,0	850	21,7
13,2	5,4	0,94	46	5,8	730	21,0
13,3	5,3	0,91	44	5,6	630	20,2
13,4	5,1	0,88	42	5,5	560	19,5
13,5	4,9	0,85	40	5,3	500	19,0
13,6	4,6	0,82	38	5,2	450	18,6
13,7	4,4	0,79	36	5,0	420	18,1
13,8	4,2	0,76	34	4,9	390	17,7
13,9	4,1	0,74	32	4,7	360	17,3
14,0	4,0	0,73	30	4,60	330	17,0
14,1	3,9	0,71	29	4,49	300	16,7
14,2	3,8	0,70	28	4,39	270	16,4
14,3	3,7	0,68	27	4,28	240	16,1
14,4	3,6	0,67	26	4,18	210	15,8
14,5	3,5	0,65	25	4,07	185	15,5
14,6	3,4	0,64	24	3,97	160	15,2
14,7	3,3	0,62	23	3,86	135	14,9
14,8	3,2	0,61	22	3,76	120	14,6
14,9	3,1	0,59	21	3,65	110	14,3
15,0	3,0	0,58	20,2	3,55	100	14,0
15,1	2,90	0,57	19,7	3,46	95	13,7
15,2	2,82	0,55	19,2	3,37	91	13,4
15,3	2,76	0,53	18,7	3,28	88	13,1
15,4	2,68	0,521	18,2	3,19	85	12,8
15,5	2,60	0,508	17,8	3,11	82	12,5
15,6	2,52	0,497	17,4	3,03	79	12,2
15,7	2,45	0,487	17,0	2,95	77	11,9
15,8	2,38	0,478	16,6	2,88	74	11,6
15,9	2,32	0,469	16,2	2,81	72	11,3
16,0	2,26	0,460	15,8	2,75	70	11,0
16,1	2,20	0,451	15,4	2,69	68	10,7

Table A.2 (continued)

Voltage V	Permitted capacitance $\mu\text{F}/\text{nF}$					
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
	μF	μF	μF	μF	μF	μF
10,7	14,2	2,23	260	15,6		69
10,8	13,5	2,14	240	15,0		66
10,9	13,0	2,05	225	14,4		63
11,0	12,5	1,97	210	13,8		60
11,1	11,9	1,90	195	13,2		57,0
11,2	11,4	1,84	180	12,6		54,0
11,3	10,9	1,79	170	12,1		51,0
11,4	10,4	1,71	160	11,7		48,0
11,5	10,0	1,64	150	11,2		46,0
11,6	9,6	1,59	140	10,8		43,0
11,7	9,3	1,54	130	10,3		41,0
11,8	9,0	1,50	120	9,9		39,0
11,9	8,7	1,45	110	9,4		37,0
12,0	8,4	1,41	100	9,0		36,0
12,1	8,1	1,37	93	8,7		34,0
12,2	7,9	1,32	87	8,4		33,0
12,3	7,6	1,28	81	8,1		31,0
12,4	7,2	1,24	75	7,9		30,0
12,5	7,0	1,20	70	7,7		28,0
12,6	6,8	1,15	66	7,4		27,0
12,7	6,6	1,10	62	7,1		25,4
12,8	6,4	1,06	58	6,8		24,2
12,9	6,2	1,03	55	6,5		23,2
13,0	6,0	1,00	52	6,2	1000	22,5
13,1	5,7	0,97	49	6,0	850	21,7
13,2	5,4	0,94	46	5,8	730	21,0
13,3	5,3	0,91	44	5,6	630	20,2
13,4	5,1	0,88	42	5,5	560	19,5
13,5	4,9	0,85	40	5,3	500	19,0
13,6	4,6	0,82	38	5,2	450	18,6
13,7	4,4	0,79	36	5,0	420	18,1
13,8	4,2	0,76	34	4,9	390	17,7
13,9	4,1	0,74	32	4,7	360	17,3
14,0	4,0	0,73	30	4,60	330	17,0
14,1	3,9	0,71	29	4,49	300	16,7
14,2	3,8	0,70	28	4,39	270	16,4
14,3	3,7	0,68	27	4,28	240	16,1
14,4	3,6	0,67	26	4,18	210	15,8
14,5	3,5	0,65	25	4,07	185	15,5
14,6	3,4	0,64	24	3,97	160	15,2
14,7	3,3	0,62	23	3,86	135	14,9
14,8	3,2	0,61	22	3,76	120	14,6
14,9	3,1	0,59	21	3,65	110	14,3
15,0	3,0	0,58	20,2	3,55	100	14,0
15,1	2,90	0,57	19,7	3,46	95	13,7
15,2	2,82	0,55	19,2	3,37	91	13,4
15,3	2,76	0,53	18,7	3,28	88	13,1
15,4	2,68	0,521	18,2	3,19	85	12,8
15,5	2,60	0,508	17,8	3,11	82	12,5
15,6	2,52	0,497	17,4	3,03	79	12,2
15,7	2,45	0,487	17,0	2,95	77	11,9
15,8	2,38	0,478	16,6	2,88	74	11,6
15,9	2,32	0,469	16,2	2,81	72	11,3
16,0	2,26	0,460	15,8	2,75	70	11,0
16,1	2,20	0,451	15,4	2,69	68	10,7

Tableau A.2 (suite)

Tension V	Capacité admissible μF/nF					
	pour le matériel de Groupe IIC		pour le matériel de Groupe IIB		pour le matériel de Groupe IIA	
	avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
	μF	nF	μF	μF	μF	μF
16,2	2,14	442	15,0	2,63	66	10,5
16,3	2,08	433	14,6	2,57	64	10,2
16,4	2,02	424	14,2	2,51	62	10,0
16,5	1,97	415	13,8	2,45	60	9,8
16,6	1,92	406	13,4	2,40	58	9,6
16,7	1,88	398	13,0	2,34	56	9,4
16,8	1,84	390	12,6	2,29	54	9,3
16,9	1,80	382	12,3	2,24	52	9,1
17,0	1,76	375	12,0	2,20	50	9,0
17,1	1,71	367	11,7	2,15	48	8,8
17,2	1,66	360	11,4	2,11	47	8,7
17,3	1,62	353	11,1	2,06	45	8,5
17,4	1,59	346	10,8	2,02	44	8,4
17,5	1,56	339	10,5	1,97	42	8,2
17,6	1,53	333	10,2	1,93	40	8,1
17,7	1,50	327	9,9	1,88	39	8,0
17,8	1,47	321	9,6	1,84	38	7,9
17,9	1,44	315	9,3	1,80	37	7,7
18,0	1,41	309	9,0	1,78	36	7,6
18,1	1,38	303	8,8	1,75	35	7,45
18,2	1,35	297	8,6	1,72	34	7,31
18,3	1,32	291	8,4	1,70	33	7,15
18,4	1,29	285	8,2	1,69	32	7,00
18,5	1,27	280	8,0	1,67	31	6,85
18,6	1,24	275	7,9	1,66	30	6,70
18,7	1,21	270	7,8	1,64	29	6,59
18,8	1,18	266	7,6	1,62	28	6,48
18,9	1,15	262	7,4	1,60	27	6,39
19,0	1,12	258	7,2	1,58	26	6,30
19,1	1,09	252	7,0	1,56	25,0	6,21
19,2	1,06	251	6,8	1,55	24,2	6,12
19,3	1,04	248	6,6	1,52	23,6	6,03
19,4	1,02	244	6,4	1,51	23,0	5,95
19,5	1,00	240	6,2	1,49	22,5	5,87
19,6	0,98	235	6,0	1,47	22,0	5,80
19,7	0,96	231	5,9	1,45	21,5	5,72
19,8	0,94	227	5,8	1,44	21,0	5,65
19,9	0,92	223	5,7	1,42	20,5	5,57
20,0	0,90	220	5,6	1,41	20,0	5,50
20,1	0,88	217	5,5	1,39	19,5	5,42
20,2	0,86	213	5,4	1,38	19,2	5,35
20,3	0,84	209	5,3	1,36	18,9	5,27
20,4	0,82	206	5,2	1,35	18,6	5,20
20,5	0,80	203	5,1	1,33	18,3	5,12
20,6	0,78	200	5,0	1,32	18,0	5,05
20,7	0,76	197	4,9	1,31	17,7	4,97
20,8	0,75	194	4,8	1,30	17,4	4,90
20,9	0,74	191	4,7	1,28	17,2	4,84
21,0	0,73	188	4,6	1,27	17,0	4,78
21,1	0,72	185	4,52	1,25	16,8	4,73
21,2	0,71	183	4,45	1,24	16,6	4,68
21,3	0,70	181	4,39	1,23	16,4	4,62
21,4	0,69	179	4,32	1,22	16,2	4,56
21,5	0,68	176	4,25	1,20	16,0	4,50
21,6	0,67	174	4,18	1,19	15,8	4,44
21,7	0,66	172	4,11	1,17	15,6	4,38
21,8	0,65	169	4,04	1,16	15,4	4,32

Table A.2 (continued)

Voltage V	Permitted capacitance $\mu\text{F}/\text{nF}$					
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
	μF	nF	μF	μF	μF	μF
16,2	2,14	442	15,0	2,63	66	10,5
16,3	2,08	433	14,6	2,57	64	10,2
16,4	2,02	424	14,2	2,51	62	10,0
16,5	1,97	415	13,8	2,45	60	9,8
16,6	1,92	406	13,4	2,40	58	9,6
16,7	1,88	398	13,0	2,34	56	9,4
16,8	1,84	390	12,6	2,29	54	9,3
16,9	1,80	382	12,3	2,24	52	9,1
17,0	1,76	375	12,0	2,20	50	9,0
17,1	1,71	367	11,7	2,15	48	8,8
17,2	1,66	360	11,4	2,11	47	8,7
17,3	1,62	353	11,1	2,06	45	8,5
17,4	1,59	346	10,8	2,02	44	8,4
17,5	1,56	339	10,5	1,97	42	8,2
17,6	1,53	333	10,2	1,93	40	8,1
17,7	1,50	327	9,9	1,88	39	8,0
17,8	1,47	321	9,6	1,84	38	7,9
17,9	1,44	315	9,3	1,80	37	7,7
18,0	1,41	309	9,0	1,76	36	7,6
18,1	1,38	303	8,8	1,75	35	7,45
18,2	1,35	297	8,6	1,72	34	7,31
18,3	1,32	291	8,4	1,70	33	7,15
18,4	1,29	285	8,2	1,69	32	7,00
18,5	1,27	280	8,0	1,67	31	6,85
18,6	1,24	275	7,9	1,66	30	6,70
18,7	1,21	270	7,8	1,64	29	6,59
18,8	1,18	266	7,6	1,62	28	6,48
18,9	1,15	262	7,4	1,60	27	6,39
19,0	1,12	258	7,2	1,58	26	6,30
19,1	1,09	252	7,0	1,56	25,0	6,21
19,2	1,06	251	6,8	1,55	24,2	6,12
19,3	1,04	248	6,6	1,52	23,6	6,03
19,4	1,02	244	6,4	1,51	23,0	5,95
19,5	1,00	240	6,2	1,49	22,5	5,87
19,6	0,98	235	6,0	1,47	22,0	5,80
19,7	0,96	231	5,9	1,45	21,5	5,72
19,8	0,94	227	5,8	1,44	21,0	5,65
19,9	0,92	223	5,7	1,42	20,5	5,57
20,0	0,90	220	5,6	1,41	20,0	5,50
20,1	0,88	217	5,5	1,39	19,5	5,42
20,2	0,86	213	5,4	1,38	19,2	5,35
20,3	0,84	209	5,3	1,36	18,9	5,27
20,4	0,82	206	5,2	1,35	18,6	5,20
20,5	0,80	203	5,1	1,33	18,3	5,12
20,6	0,78	200	5,0	1,32	18,0	5,05
20,7	0,76	197	4,9	1,31	17,7	4,97
20,8	0,75	194	4,8	1,30	17,4	4,90
20,9	0,74	191	4,7	1,28	17,2	4,84
21,0	0,73	188	4,6	1,27	17,0	4,78
21,1	0,72	185	4,52	1,25	16,8	4,73
21,2	0,71	183	4,45	1,24	16,6	4,68
21,3	0,70	181	4,39	1,23	16,4	4,62
21,4	0,69	179	4,32	1,22	16,2	4,56
21,5	0,68	176	4,25	1,20	16,0	4,50
21,6	0,67	174	4,18	1,19	15,8	4,44
21,7	0,66	172	4,11	1,17	15,6	4,38
21,8	0,65	169	4,04	1,16	15,4	4,32

Tableau A.2 (suite)

Tension V	Capacité admissible μF/nF					
	pour le matériel de Groupe IIC		pour le matériel de Groupe IIB		pour le matériel de Groupe IIA	
	avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
	nF	nF	μF	μF	μF	μF
21,9	640	167	3,97	1,15	15,2	4,26
22,0	630	165	3,90	1,14	15,0	4,20
22,1	620	163	3,83	1,12	14,8	4,14
22,2	610	160	3,76	1,11	14,6	4,08
22,3	600	158	3,69	1,10	14,4	4,03
22,4	590	156	3,62	1,09	14,2	3,98
22,5	580	154	3,55	1,08	14,0	3,93
22,6	570	152	3,49	1,07	13,8	3,88
22,7	560	149	3,43	1,06	13,6	3,83
22,8	550	147	3,37	1,05	13,4	3,79
22,9	540	145	3,31	1,04	13,2	3,75
23,0	530	143	3,25	1,03	13,0	3,71
23,1	521	140	3,19	1,02	12,8	3,67
23,2	513	138	3,13	1,01	12,6	3,64
23,3	505	136	3,08	1,00	12,4	3,60
23,4	497	134	3,03	0,99	12,2	3,57
23,5	490	132	2,98	0,98	12,0	3,53
23,6	484	130	2,93	0,97	11,8	3,50
23,7	478	128	2,88	0,96	11,6	3,46
23,8	472	127	2,83	0,95	11,4	3,42
23,9	466	126	2,78	0,94	11,2	3,38
24,0	460	125	2,75	0,93	11,0	3,35
24,1	454	124	2,71	0,92	10,8	3,31
24,2	448	122	2,67	0,91	10,7	3,27
24,3	442	120	2,63	0,90	10,5	3,23
24,4	436	119	2,59	0,89	10,3	3,20
24,5	430	118	2,55	0,88	10,2	3,16
24,6	424	116	2,51	0,87	10,0	3,12
24,7	418	115	2,49	0,87	9,9	3,08
24,8	412	113	2,44	0,86	9,8	3,05
24,9	406	112	2,40	0,85	9,6	3,01
25,0	400	110	2,36	0,84	9,5	2,97
25,1	395	108	2,32	0,83	9,4	2,93
25,2	390	107	2,29	0,82	9,3	2,90
25,3	385	106	2,26	0,82	9,2	2,86
25,4	380	105	2,23	0,81	9,1	2,82
25,5	375	104	2,20	0,80	9,0	2,78
25,6	370	103	2,17	0,80	8,9	2,75
25,7	365	102	2,14	0,79	8,8	2,71
25,8	360	101	2,11	0,78	8,7	2,67
25,9	355	100	2,08	0,77	8,6	2,63
26,0	350	99	2,05	0,77	8,5	2,60
26,1	345	98	2,02	0,76	8,4	2,57
26,2	341	97	1,99	0,75	8,3	2,54
26,3	337	97	1,96	0,74	8,2	2,51
26,4	333	96	1,93	0,74	8,1	2,48
26,5	329	95	1,90	0,73	8,0	2,45
26,6	325	94	1,87	0,73	8,0	2,42
26,7	321	93	1,84	0,72	7,9	2,39
26,8	317	92	1,82	0,72	7,8	2,37
26,9	313	91	1,80	0,71	7,7	2,35
27,0	309	90	1,78	0,705	7,60	2,33
27,1	305	89	1,76	0,697	7,50	2,31
27,2	301	89	1,74	0,690	7,42	2,30
27,3	297	88	1,72	0,683	7,31	2,28
27,4	293	87	1,71	0,677	7,21	2,26
27,5	289	86	1,70	0,672	7,10	2,24

Table A.2 (continued)

Voltage V	Permitted capacitance $\mu\text{F}/\text{nF}$					
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
	nF	nF	μF	μF	μF	μF
21,9	640	167	3,97	1,15	15,2	4,26
22,0	630	165	3,90	1,14	15,0	4,20
22,1	620	163	3,83	1,12	14,8	4,14
22,2	610	160	3,76	1,11	14,6	4,08
22,3	600	158	3,69	1,10	14,4	4,03
22,4	590	156	3,62	1,09	14,2	3,98
22,5	580	154	3,55	1,08	14,0	3,93
22,6	570	152	3,49	1,07	13,8	3,88
22,7	560	149	3,43	1,06	13,6	3,83
22,8	550	147	3,37	1,05	13,4	3,79
22,9	540	145	3,31	1,04	13,2	3,75
23,0	530	143	3,25	1,03	13,0	3,71
23,1	521	140	3,19	1,02	12,8	3,67
23,2	513	138	3,13	1,01	12,6	3,64
23,3	505	136	3,08	1,00	12,4	3,60
23,4	497	134	3,03	0,99	12,2	3,57
23,5	490	132	2,98	0,98	12,0	3,53
23,6	484	130	2,93	0,97	11,8	3,50
23,7	478	128	2,88	0,96	11,6	3,46
23,8	472	127	2,83	0,95	11,4	3,42
23,9	466	126	2,78	0,94	11,2	3,38
24,0	460	125	2,75	0,93	11,0	3,35
24,1	454	124	2,71	0,92	10,8	3,31
24,2	448	122	2,67	0,91	10,7	3,27
24,3	442	120	2,63	0,90	10,5	3,23
24,4	436	119	2,59	0,89	10,3	3,20
24,5	430	118	2,55	0,88	10,2	3,16
24,6	424	116	2,51	0,87	10,0	3,12
24,7	418	115	2,49	0,87	9,9	3,08
24,8	412	113	2,44	0,86	9,8	3,05
24,9	406	112	2,40	0,85	9,6	3,01
25,0	400	110	2,36	0,84	9,5	2,97
25,1	395	108	2,32	0,83	9,4	2,93
25,2	390	107	2,29	0,82	9,3	2,90
25,3	385	106	2,26	0,82	9,2	2,86
25,4	380	105	2,23	0,81	9,1	2,82
25,5	375	104	2,20	0,80	9,0	2,78
25,6	370	103	2,17	0,80	8,9	2,75
25,7	365	102	2,14	0,79	8,8	2,71
25,8	360	101	2,11	0,78	8,7	2,67
25,9	355	100	2,08	0,77	8,6	2,63
26,0	350	99	2,05	0,77	8,5	2,60
26,1	345	98	2,02	0,76	8,4	2,57
26,2	341	97	1,99	0,75	8,3	2,54
26,3	337	97	1,96	0,74	8,2	2,51
26,4	333	96	1,93	0,74	8,1	2,48
26,5	329	95	1,90	0,73	8,0	2,45
26,6	325	94	1,87	0,73	8,0	2,42
26,7	321	93	1,84	0,72	7,9	2,39
26,8	317	92	1,82	0,72	7,8	2,37
26,9	313	91	1,80	0,71	7,7	2,35
27,0	309	90	1,78	0,705	7,60	2,33
27,1	305	89	1,76	0,697	7,50	2,31
27,2	301	89	1,74	0,690	7,42	2,30
27,3	297	88	1,72	0,683	7,31	2,28
27,4	293	87	1,71	0,677	7,21	2,26
27,5	289	86	1,70	0,672	7,10	2,24

Tableau A.2 (suite)

Tension V	Capacité admissible μF/nF					
	pour le matériel de Groupe IIC		pour le matériel de Groupe IIB		pour le matériel de Groupe IIA	
	avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
	nF	nF	μF	nF	μF	μF
27,6	285	86	1,69	668	7,00	2,22
27,7	281	85	1,68	663	6,90	2,20
27,8	278	84	1,67	659	6,80	2,18
27,9	275	84	1,66	654	6,70	2,16
28,0	272	83	1,65	650	6,60	2,15
28,1	269	82	1,63	645	6,54	2,13
28,2	266	81	1,62	641	6,48	2,11
28,3	263	80	1,60	636	6,42	2,09
28,4	260	79	1,59	632	6,36	2,07
28,5	257	78	1,58	627	6,30	2,05
28,6	255	77	1,57	623	6,24	2,03
28,7	253	77	1,56	618	6,18	2,01
28,8	251	76	1,55	614	6,12	2,00
28,9	249	75	1,54	609	6,06	1,98
29,0	247	74	1,53	605	6,00	1,97
29,1	244	74	1,51	600	5,95	1,95
29,2	241	73	1,49	596	5,90	1,94
29,3	238	72	1,48	591	5,85	1,92
29,4	235	71	1,47	587	5,80	1,91
29,5	232	71	1,46	582	5,75	1,89
29,6	229	70	1,45	578	5,70	1,88
29,7	226	69	1,44	573	5,65	1,86
29,8	224	68	1,43	569	5,60	1,85
29,9	222	67	1,42	564	5,55	1,83
30,0	220	66	1,41	560	5,50	1,82
30,2	215	65	1,39	551	5,40	1,79
30,4	210	64	1,37	542	5,30	1,76
30,6	206	62,6	1,35	533	5,20	1,73
30,8	202	61,6	1,33	524	5,10	1,70
31,0	198	60,5	1,32	515	5,00	1,67
31,2	194	59,6	1,30	506	4,90	1,65
31,4	190	58,7	1,28	497	4,82	1,62
31,6	186	57,8	1,26	489	4,74	1,60
31,8	183	56,9	1,24	482	4,68	1,58
32,0	180	56,0	1,23	475	4,60	1,56
32,2	177	55,1	1,21	467	4,52	1,54
32,4	174	54,2	1,19	460	4,44	1,52
32,6	171	53,3	1,17	452	4,36	1,50
32,8	168	52,4	1,15	444	4,28	1,48
33,0	165	51,5	1,14	437	4,20	1,46
33,2	162	50,6	1,12	430	4,12	1,44
33,4	159	49,8	1,10	424	4,05	1,42
33,6	156	49,2	1,09	418	3,98	1,41
33,8	153	48,6	1,08	412	3,91	1,39
34,0	150	48,0	1,07	406	3,85	1,37
34,2	147	47,4	1,05	401	3,79	1,35
34,4	144	46,8	1,04	397	3,74	1,33
34,6	141	46,2	1,02	393	3,69	1,31
34,8	138	45,6	1,01	390	3,64	1,30
35,0	135	45,0	1,00	387	3,60	1,28
35,2	133	44,4	0,99	383	3,55	1,26

Table A.2 (continued)

Voltage V	Permitted capacitance $\mu\text{F}/\text{nF}$					
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
	nF	nF	μF	nF	μF	μF
27,6	285	86	1,69	668	7,00	2,22
27,7	281	85	1,68	663	6,90	2,20
27,8	278	84	1,67	659	6,80	2,18
27,9	275	84	1,66	654	6,70	2,16
28,0	272	83	1,65	650	6,60	2,15
28,1	269	82	1,63	645	6,54	2,13
28,2	266	81	1,62	641	6,48	2,11
28,3	263	80	1,60	636	6,42	2,09
28,4	260	79	1,59	632	6,36	2,07
28,5	257	78	1,58	627	6,30	2,05
28,6	255	77	1,57	623	6,24	2,03
28,7	253	77	1,56	618	6,18	2,01
28,8	251	76	1,55	614	6,12	2,00
28,9	249	75	1,54	609	6,06	1,98
29,0	247	74	1,53	605	6,00	1,97
29,1	244	74	1,51	600	5,95	1,95
29,2	241	73	1,49	596	5,90	1,94
29,3	238	72	1,48	591	5,85	1,92
29,4	235	71	1,47	587	5,80	1,91
29,5	232	71	1,46	582	5,75	1,89
29,6	229	70	1,45	578	5,70	1,88
29,7	226	69	1,44	573	5,65	1,86
29,8	224	68	1,43	569	5,60	1,85
29,9	222	67	1,42	564	5,55	1,83
30,0	220	66	1,41	560	5,50	1,82
30,2	215	65	1,39	551	5,40	1,79
30,4	210	64	1,37	542	5,30	1,76
30,6	206	62,6	1,35	533	5,20	1,73
30,8	202	61,6	1,33	524	5,10	1,70
31,0	198	60,5	1,32	515	5,00	1,67
31,2	194	59,6	1,30	506	4,90	1,65
31,4	190	58,7	1,28	497	4,82	1,62
31,6	186	57,8	1,26	489	4,74	1,60
31,8	183	56,9	1,24	482	4,68	1,58
32,0	180	56,0	1,23	475	4,60	1,56
32,2	177	55,1	1,21	467	4,52	1,54
32,4	174	54,2	1,19	460	4,44	1,52
32,6	171	53,3	1,17	452	4,36	1,50
32,8	168	52,4	1,15	444	4,28	1,48
33,0	165	51,5	1,14	437	4,20	1,46
33,2	162	50,6	1,12	430	4,12	1,44
33,4	159	49,8	1,10	424	4,05	1,42
33,6	156	49,2	1,09	418	3,98	1,41
33,8	153	48,6	1,08	412	3,91	1,39
34,0	150	48,0	1,07	406	3,85	1,37
34,2	147	47,4	1,05	401	3,79	1,35
34,4	144	46,8	1,04	397	3,74	1,33
34,6	141	46,2	1,02	393	3,69	1,31
34,8	138	45,6	1,01	390	3,64	1,30
35,0	135	45,0	1,00	387	3,60	1,28
35,2	133	44,4	0,99	383	3,55	1,26

Tableau A.2 (suite)

Tension V	Capacité admissible μF/nF					
	pour le matériel de Groupe IIC		pour le matériel de Groupe IIB		pour le matériel de Groupe IIA	
	avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
	nF	nF	μF	nF	μF	μF
35,4	131	43,8	0,97	380	3,50	1,24
35,6	129	43,2	0,95	376	3,45	1,23
35,8	127	42,6	0,94	373	3,40	1,21
36,0	125	42,0	0,93	370	3,35	1,20
36,2	123	41,4	0,91	366	3,30	1,18
36,4	121	40,8	0,90	363	3,25	1,17
	nF	nF	nF	nF	μF	nF
36,6	119	40,2	890	359	3,20	1150
36,8	117	39,6	880	356	3,15	1130
37,0	115	39,0	870	353	3,10	1120
37,2	113	38,4	860	347	3,05	1100
37,4	111	37,9	850	344	3,00	1090
37,6	109	37,4	840	340	2,95	1080
37,8	107	36,9	830	339	2,90	1070
38,0	105	36,4	820	336	2,85	1060
38,2	103	35,9	810	332	2,80	1040
38,4	102	35,4	800	329	2,75	1030
38,6	101	35,0	790	326	2,70	1020
38,8	100	34,6	780	323	2,65	1010
39,0	99	34,2	770	320	2,60	1000
39,2	98	33,8	760	317	2,56	980
39,4	97	33,4	750	314	2,52	970
39,6	96	33,1	750	311	2,48	960
39,8	95	32,8	740	308	2,44	950
40,0	94	32,5	730	305	2,40	940
40,2	92	32,2	720	302	2,37	930
40,4	91	31,9	710	299	2,35	920
40,6	90	31,6	700	296	2,32	910
40,8	89	31,3	690	293	2,30	900
41,0	88	31,0	680	290	2,27	890
41,2	87	30,7	674	287	2,25	882
41,4	86	30,4	668	284	2,22	874
41,6	85	30,1	662	281	2,20	866
41,8	84	29,9	656	278	2,17	858
42,0	83	29,7	650	275	2,15	850
42,2	82	29,4	644	272	2,12	842
42,4	81	29,2	638	269	2,10	834
42,6	79	28,9	632	266	2,07	826
42,8	78	28,6	626	264	2,05	818
43,0	77	28,4	620	262	2,02	810
43,2	76	28,1	614	259	2,00	802
43,4	75	27,9	608	257	1,98	794
43,6	74	27,6	602	254	1,96	786
43,8	73	27,3	596	252	1,94	778
44,0	72	27,1	590	250	1,92	770
44,2	71	26,8	584	248	1,90	762
44,4	70	26,6	578	246	1,88	754
44,6	69	26,3	572	244	1,86	746
44,8	68	26,1	566	242	1,84	738
45,0	67	25,9	560	240	1,82	730
45,2	66	25,7	554	238	1,80	722
45,4	65	25,4	548	236	1,78	714
45,6	64	25,1	542	234	1,76	706
45,8	63	24,9	536	232	1,74	698
46,0	62,3	24,7	530	230	1,72	690

Table A.2 (continued)

Voltage V	Permitted capacitance $\mu\text{F}/\text{nF}$					
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
	nF	nF	μF	nF	μF	μF
35,4	131	43,8	0,97	380	3,50	1,24
35,6	129	43,2	0,95	376	3,45	1,23
35,8	127	42,6	0,94	373	3,40	1,21
36,0	125	42,0	0,93	370	3,35	1,20
36,2	123	41,4	0,91	366	3,30	1,18
36,4	121	40,8	0,90	363	3,25	1,17
	nF	nF	nF	nF	μF	nF
36,6	119	40,2	890	359	3,20	1,150
36,8	117	39,6	880	356	3,15	1,130
37,0	115	39,0	870	353	3,10	1,120
37,2	113	38,4	860	347	3,05	1,100
37,4	111	37,9	850	344	3,00	1,090
37,6	109	37,4	840	340	2,95	1,080
37,8	107	36,9	830	339	2,90	1,070
38,0	105	36,4	820	336	2,85	1,060
38,2	103	35,9	810	332	2,80	1,040
38,4	102	35,4	800	329	2,75	1,030
38,6	101	35,0	790	326	2,70	1,020
38,8	100	34,6	780	323	2,65	1,010
39,0	99	34,2	770	320	2,60	1,000
39,2	98	33,8	760	317	2,56	980
39,4	97	33,4	750	314	2,52	970
39,6	96	33,1	750	311	2,48	960
39,8	95	32,8	740	308	2,44	950
40,0	94	32,5	730	305	2,40	940
40,2	92	32,2	720	302	2,37	930
40,4	91	31,9	710	299	2,35	920
40,6	90	31,6	700	296	2,32	910
40,8	89	31,3	690	293	2,30	900
41,0	88	31,0	680	290	2,27	890
41,2	87	30,7	674	287	2,25	882
41,4	86	30,4	668	284	2,22	874
41,6	85	30,1	662	281	2,20	866
41,8	84	29,9	656	278	2,17	858
42,0	83	29,7	650	275	2,15	850
42,2	82	29,4	644	272	2,12	842
42,4	81	29,2	638	269	2,10	834
42,6	79	28,9	632	266	2,07	826
42,8	78	28,6	626	264	2,05	818
43,0	77	28,4	620	262	2,02	810
43,2	76	28,1	614	259	2,00	802
43,4	75	27,9	608	257	1,98	794
43,6	74	27,6	602	254	1,96	786
43,8	73	27,3	596	252	1,94	778
44,0	72	27,1	590	250	1,92	770
44,2	71	26,8	584	248	1,90	762
44,4	70	26,6	578	246	1,88	754
44,6	69	26,3	572	244	1,86	746
44,8	68	26,1	566	242	1,84	738
45,0	67	25,9	560	240	1,82	730
45,2	66	25,7	554	238	1,80	722
45,4	65	25,4	548	236	1,78	714
45,6	64	25,1	542	234	1,76	706
45,8	63	24,9	536	232	1,74	698
46,0	62,3	24,7	530	230	1,72	690

Tableau A.1 (fin)

Tension V	Capacité admissible μF/nF					
	pour le matériel de Groupe IIC		pour le matériel de Groupe IIB		pour le matériel de Groupe IIA	
	avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de		avec un facteur de sécurité de	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
	nF	nF	nF	nF	μF	nF
46,2	61,6	24,4	524	228	1,70	682
46,4	60,9	24,2	518	226	1,68	674
46,6	60,2	23,9	512	224	1,67	666
46,8	59,6	23,7	506	222	1,65	658
47,0	59,0	23,5	500	220	1,63	650
47,2	58,4	23,2	495	218	1,61	644
47,4	57,8	22,9	490	216	1,60	638
47,6	57,2	22,7	485	214	1,59	632
47,8	56,6	22,5	480	212	1,57	626
48,0	56,0	22,3	475	210	1,56	620
48,2	55,4	22,0	470	208	1,54	614
48,4	54,8	21,8	465	206	1,53	609
48,6	54,2	21,5	460	205	1,52	604
48,8	53,6	21,3	455	203	1,50	599
49,0	53,0	21,1	450	201	1,49	594
49,2	52,4	20,8	445	198	1,48	589
49,4	51,8	20,6	440	197	1,46	584
49,6	51,2	20,4	435	196	1,45	5,79
49,8	50,6	20,2	430	194	1,44	574
50,0	50,0	20,0	425	193	1,43	570
50,5	49,0	19,4	420	190	1,40	558
51,0	48,0	19,0	415	187	1,37	547
51,5	47,0	18,6	407	184	1,34	535
52,0	46,0	18,3	400	181	1,31	524
52,5	45,0	17,8	392	178	1,28	512
53,0	44,0	17,4	385	175	1,25	501
53,5	43,0	17,0	380	172	1,22	490
54,0	42,0	16,8	375	170	1,20	479
54,5	41	16,6	367	168	1,18	468
55,0	40	16,5	360	166	1,16	457

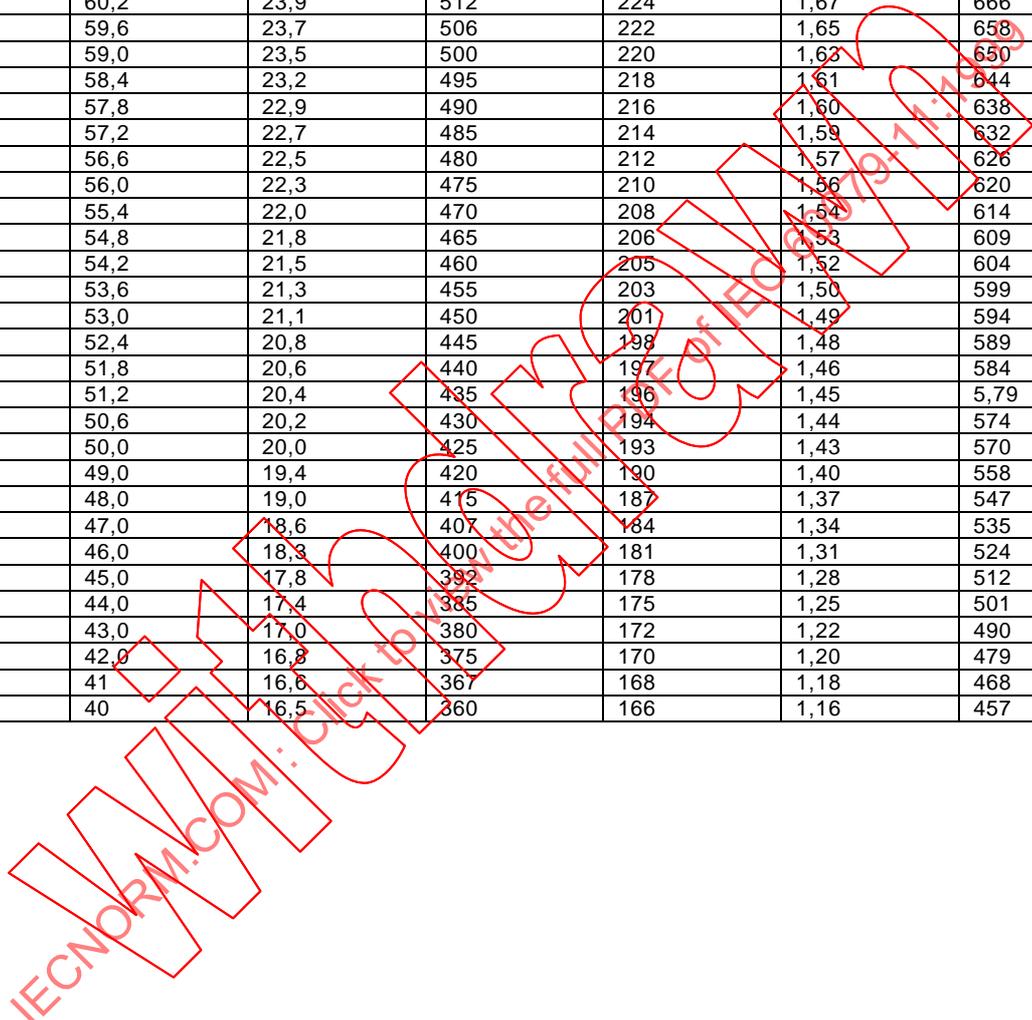


Table A.2 (concluded)

Voltage V	Permitted capacitance $\mu\text{F}/\text{nF}$					
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
	nF	nF	nF	nF	μF	nF
46,2	61,6	24,4	524	228	1,70	682
46,4	60,9	24,2	518	226	1,68	674
46,6	60,2	23,9	512	224	1,67	666
46,8	59,6	23,7	506	222	1,65	658
47,0	59,0	23,5	500	220	1,63	650
47,2	58,4	23,2	495	218	1,61	644
47,4	57,8	22,9	490	216	1,60	638
47,6	57,2	22,7	485	214	1,59	632
47,8	56,6	22,5	480	212	1,57	626
48,0	56,0	22,3	475	210	1,56	620
48,2	55,4	22,0	470	208	1,54	614
48,4	54,8	21,8	465	206	1,53	609
48,6	54,2	21,5	460	205	1,52	604
48,8	53,6	21,3	455	203	1,50	599
49,0	53,0	21,1	450	201	1,49	594
49,2	52,4	20,8	445	198	1,48	589
49,4	51,8	20,6	440	197	1,46	584
49,6	51,2	20,4	435	196	1,45	579
49,8	50,6	20,2	430	194	1,44	574
50,0	50,0	20,0	425	193	1,43	570
50,5	49,0	19,4	420	190	1,40	558
51,0	48,0	19,0	415	187	1,37	547
51,5	47,0	18,6	407	184	1,34	535
52,0	46,0	18,3	400	181	1,31	524
52,5	45,0	17,8	392	178	1,28	512
53,0	44,0	17,4	385	175	1,25	501
53,5	43,0	17,0	380	172	1,22	490
54,0	42,0	16,8	375	170	1,20	479
54,5	41	16,6	367	168	1,18	468
55,0	40	16,5	360	166	1,16	457