

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Explosive atmospheres –
Part 11: Equipment protection by intrinsic safety "i"**

**Atmosphères explosives –
Partie 11: Protection de l'équipement par sécurité intrinsèque «i»**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60079-11

Edition 6.0 2011-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Explosive atmospheres –
Part 11: Equipment protection by intrinsic safety "i"**

**Atmosphères explosives –
Partie 11: Protection de l'équipement par sécurité intrinsèque «i»**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XG

ICS 29.260.20

ISBN 978-2-88912-520-3

CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 Scope.....	9
2 Normative references.....	14
3 Terms and definitions	15
4 Grouping and classification of intrinsically safe apparatus and associated apparatus	20
5 Levels of protection and ignition compliance requirements of electrical apparatus.....	21
5.1 General	21
5.2 Level of protection "ia"	21
5.3 Level of protection "ib"	22
5.4 Level of protection "ic"	22
5.5 Spark ignition compliance	22
5.6 Thermal ignition compliance	22
5.6.1 General	22
5.6.2 Temperature for small components for Group I and Group II	23
5.6.3 Wiring within intrinsically safe apparatus for Group I and Group II	23
5.6.4 Tracks on printed circuit boards for Group I and Group II	24
5.6.5 Intrinsically safe apparatus and component temperature for Group III	25
5.7 Simple apparatus.....	26
6 Apparatus construction	27
6.1 Enclosures	27
6.1.1 General	27
6.1.2 Enclosures for Group I or Group II apparatus	27
6.1.3 Enclosures for Group III apparatus	28
6.2 Facilities for connection of external circuits	28
6.2.1 Terminals	28
6.2.2 Plugs and sockets.....	31
6.2.3 Determination of maximum external inductance to resistance ratio (L_0/R_0) for resistance limited power source	31
6.2.4 Permanently connected cable	32
6.2.5 Requirements for connections and accessories for IS apparatus when located in the non-hazardous area	32
6.3 Separation distances	33
6.3.1 General	33
6.3.2 Separation of conductive parts	33
6.3.3 Voltage between conductive parts	37
6.3.4 Clearance	37
6.3.5 Separation distances through casting compound	37
6.3.6 Separation distances through solid insulation	38
6.3.7 Composite separations	38
6.3.8 Creepage distance.....	38
6.3.9 Distance under coating	40
6.3.10 Requirements for assembled printed circuit boards	40
6.3.11 Separation by earthed screens.....	41
6.3.12 Internal wiring	42
6.3.13 Dielectric strength requirement	42
6.3.14 Relays	42
6.4 Protection against polarity reversal	43

6.5	Earth conductors, connections and terminals	43
6.6	Encapsulation.....	44
6.6.1	General	44
6.6.2	Encapsulation used for the exclusion of explosive atmospheres	45
7	Components on which intrinsic safety depends.....	45
7.1	Rating of components.....	45
7.2	Connectors for internal connections, plug-in cards and components	46
7.3	Fuses	46
7.4	Primary and secondary cells and batteries	47
7.4.1	General	47
7.4.2	Battery construction	48
7.4.3	Electrolyte leakage and ventilation	48
7.4.4	Cell voltages.....	49
7.4.5	Internal resistance of cell or battery.....	49
7.4.6	Batteries in equipment protected by other types of protection	49
7.4.7	Batteries used and replaced in explosive atmospheres.....	49
7.4.8	Batteries used but not replaced in explosive atmospheres	50
7.4.9	External contacts for charging batteries.....	50
7.5	Semiconductors.....	50
7.5.1	Transient effects.....	50
7.5.2	Shunt voltage limiters.....	50
7.5.3	Series current limiters	51
7.6	Failure of components, connections and separations.....	51
7.7	Piezo-electric devices	52
7.8	Electrochemical cells for the detection of gases	52
8	Infallible components, infallible assemblies of components and infallible connections on which intrinsic safety depends.....	53
8.1	Level of Protection “ic”	53
8.2	Mains transformers.....	53
8.2.1	General	53
8.2.2	Protective measures	53
8.2.3	Transformer construction	53
8.2.4	Transformer type tests.....	54
8.2.5	Routine test of mains transformers.....	54
8.3	Transformers other than mains transformers.....	54
8.4	Infallible windings	55
8.4.1	Damping windings.....	55
8.4.2	Inductors made by insulated conductors.....	55
8.5	Current-limiting resistors.....	56
8.6	Capacitors	56
8.6.1	Blocking capacitors.....	56
8.6.2	Filter capacitors	57
8.7	Shunt safety assemblies	57
8.7.1	General	57
8.7.2	Safety shunts.....	57
8.7.3	Shunt voltage limiters.....	58
8.8	Wiring, printed circuit board tracks, and connections.....	58
8.9	Galvanically separating components	59
8.9.1	General	59

8.9.2	Isolating components between intrinsically safe and non-intrinsically safe circuits	59
8.9.3	Isolating components between separate intrinsically safe circuits	59
9	Supplementary requirements for specific apparatus.....	60
9.1	Diode safety barriers.....	60
9.1.1	General	60
9.1.2	Construction	60
9.2	FISCO apparatus.....	60
9.3	Handlights and caplights	61
10	Type verifications and type tests	61
10.1	Spark ignition test	61
10.1.1	General	61
10.1.2	Spark test apparatus	61
10.1.3	Test gas mixtures and spark test apparatus calibration current	62
10.1.4	Tests with the spark test apparatus	63
10.1.5	Testing considerations	64
10.2	Temperature tests.....	65
10.3	Dielectric strength tests.....	66
10.4	Determination of parameters of loosely specified components	66
10.5	Tests for cells and batteries	66
10.5.1	General	66
10.5.2	Electrolyte leakage test for cells and batteries	66
10.5.3	Spark ignition and surface temperature of cells and batteries	67
10.5.4	Battery container pressure tests	68
10.6	Mechanical tests	68
10.6.1	Casting compound	68
10.6.2	Determination of the acceptability of fuses requiring encapsulation	68
10.6.3	Partitions.....	68
10.7	Tests for intrinsically safe apparatus containing piezoelectric devices	68
10.8	Type tests for diode safety barriers and safety shunts	69
10.9	Cable pull test.....	70
10.10	Transformer tests	70
10.11	Optical isolators tests.....	70
10.11.1	General.....	70
10.11.2	Thermal conditioning, dielectric and carbonisation test.....	70
10.11.3	Dielectric and short-circuit test	72
10.12	Current carrying capacity of infallible printed circuit board connections	72
11	Routine verifications and tests	73
11.1	Routine tests for diode safety barriers	73
11.1.1	Completed barriers	73
11.1.2	Diodes for 2-diode “ia” barriers.....	73
11.2	Routine tests for infallible transformers	73
12	Marking	74
12.1	General	74
12.2	Marking of connection facilities	74
12.3	Warning markings	75
12.4	Examples of marking	75
13	Documentation	77
Annex A (normative)	Assessment of intrinsically safe circuits.....	78

Annex B (normative) Spark test apparatus for intrinsically safe circuits	100
Annex C (informative) Measurement of creepage distances, clearances and separation distances through casting compound and through solid insulation	108
Annex D (normative) Encapsulation	111
Annex E (informative) Transient energy test	118
Annex F (normative) Alternative separation distances for assembled printed circuit boards and separation of components	121
Annex G (normative) Fieldbus intrinsically safe concept (FISCO) – Apparatus requirements	125
Annex H (informative) Ignition testing of semiconductor limiting power supply circuits	130
Bibliography	141
Figure 1 – Separation of intrinsically safe and non-intrinsically safe terminals	31
Figure 2 – Example of separation of conducting parts	36
Figure 3 – Determination of creepage distances	39
Figure 4 – Creepage distances and clearances on printed circuit boards	41
Figure 5 – Examples of independent and non-independent connecting elements	44
Figure A.1 – Resistive circuits	81
Figure A.2 – Group I capacitive circuits	82
Figure A.3 – Group II capacitive circuits	83
Figure A.4 – Inductive circuits of Group II	84
Figure A.5 – Group I inductive circuits	85
Figure A.6 – Group IIC inductive circuits	86
Figure A.7 – Simple inductive circuit	87
Figure A.8 – Simple capacitive circuit	87
Figure A.9 – Equivalent capacitance	99
Figure B.1 – Spark test apparatus for intrinsically safe circuits	104
Figure B.2 – Cadmium contact disc	105
Figure B.3 – Wire holder	105
Figure B.4 – Example of a practical design of spark test apparatus	106
Figure B.5 – Arrangement for fusing tungsten wires	107
Figure C.1 – Measurement of clearance	108
Figure C.2 – Measurement of composite distances	109
Figure C.3 – Measurement of creepage	110
Figure C.4 – Measurement of composite creepage	110
Figure D.1 – Examples of encapsulated assemblies conforming to 6.3.5 and 6.6	113
Figure D.2 – Applications of encapsulation using casting compound without an enclosure	115
Figure D.3 – Examples of assemblies using moulding conforming to 6.6	116
Figure E.1 – Example of test circuit	119
Figure E.2 – Example of output waveform	120
Figure G.1 – Typical system	129
Figure H.1 – Safety factor vs ignition probability	140

Table 1 – Applicability of specific clauses of IEC 60079-0	9
Table 2 – Temperature classification of copper wiring (in a maximum ambient temperature of 40 °C).....	24
Table 3 – Temperature classification of tracks on printed circuit boards (in a maximum ambient temperature of 40 °C)	25
Table 4 – Maximum permitted power dissipation within a component immersed in dust	26
Table 5 – Clearances, creepage distances and separations	35
Table 6 – Minimum foil thickness or minimum wire diameter of the screen in relation to the rated current of the fuse	54
Table 7 – Compositions of explosive test mixtures adequate for 1,0 safety factor	62
Table 8 – Compositions of explosive test mixtures adequate for 1,5 safety factor	63
Table 10 – Routine test voltages for infallible transformers	73
Table 11 – Text of warning markings	75
Table A.1 – Permitted short-circuit current corresponding to the voltage and the Equipment Group	88
Table A.2 – Permitted capacitance corresponding to the voltage and the Equipment Group	93
Table A.3 – Permitted reduction of effective capacitance when protected by a series resistance	99
Table F.1 – Clearances, creepage distances and separations for Level of Protection "ia" and "ib" when ingress protected, and special conditions of material and installation are fulfilled	123
Table F.2 – Clearances, creepage distances and separations for Level of Protection "ic" when ingress is protected by an enclosure or by special conditions of installation	124
Table G.1 – Assessment of maximum output current for use with 'ia' and 'ib' FISCO rectangular supplies	126
Table G.2 – Assessment of maximum output current for use with 'ic' FISCO rectangular supplies	126
Table H.1 – Sequence of tests	133
Table H.2 – Safety factor provided by several explosive test mixtures that may be used for the tests in Table H.1	135
Table H.3 – Example of a Group I circuit with characteristics described by Curve II of Figure H.1 – This passes the test sequence of Table H.1.....	136
Table H.4 – Example of a Group I circuit with characteristics described by Curve III of Figure H.1 – This does not pass the test sequence of Table H.1	138

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

Part 11: Equipment protection by intrinsic safety "i"

FOREWORD

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

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

This sixth edition cancels and replaces the fifth edition of IEC 60079-11 published in 2006, the first edition of IEC 61241-11 published in 2005, and the new Annex G replaces the apparatus requirements of the second edition of IEC 60079-27 published in 2008. This sixth edition constitutes a technical revision of these publications.

NOTE IEC 60079-25 cancels and replaces the remaining subject matter of IEC 60079-27.

The significant changes with respect to the previous edition are listed below:

- Inclusion of non-edition specific references to IEC 60079-0.
- The merging of the apparatus requirements for FISCO from IEC 60079-27.
- The merging of the requirements for combustible dust atmospheres from IEC 61241-11.

- Clarification of the requirements for accessories connected to intrinsically safe apparatus; such as chargers and data loggers.
- Addition of new test requirements for opto-isolators.
- Introduction of Annex H about ignition testing of semiconductor limiting power supply circuits.

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

FDIS	Report on voting
31G/207/FDIS	31G/213/RVD

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

This standard supplements and modifies the general requirements of IEC 60079-0, except as indicated in Table 1 (see Scope).

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

A list of all parts of the IEC 60079 series, under the general title: *Explosive atmospheres*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

Part 11: Equipment protection by intrinsic safety "i"

1 Scope

This part of IEC 60079 specifies the construction and testing of intrinsically safe apparatus intended for use in an explosive atmosphere and for associated apparatus, which is intended for connection to intrinsically safe circuits which enter such atmospheres.

This type of protection is applicable to electrical equipment in which the electrical circuits themselves are incapable of causing an explosion in the surrounding explosive atmospheres.

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

The requirements for intrinsically safe systems are provided in IEC 60079-25.

This standard supplements and modifies the general requirements of IEC 60079-0, except as indicated in Table 1. Where a requirement of this standard conflicts with a requirement of IEC 60079-0, the requirements of this standard shall take precedence.

If requirements in this standard are applicable to both intrinsically safe apparatus and associated apparatus the term “apparatus” is used throughout the standard.

This standard is for electrical equipment only; therefore the term “equipment” used in the standard always means “electrical equipment”.

If associated apparatus is placed in the explosive atmosphere, it shall be protected by an appropriate Type of Protection listed in IEC 60079-0, and then the requirements of that method of protection together with the relevant parts of IEC 60079-0 also apply to the associated apparatus.

Table 1 – Applicability of specific clauses of IEC 60079-0

Clause or subclause of IEC 60079-0			IEC 60079-0 clause application to IEC 60079-11		
			Intrinsically safe apparatus		Associated apparatus
Ed. 5.0 (2007) (informative)	Ed. 6.0 (2011) (informative)	Clause / Subclause title (normative)	Group I and Group II	Group III	
1	1	Scope	Applies	Applies	Applies
2	2	Normative references	Applies	Applies	Applies
3	3	Terms and definitions	Applies	Applies	Applies
4	4	Equipment grouping	Applies	Applies	Applies
4.1	4.1	Group I	Applies	Excluded	Applies
4.2	4.2	Group II	Applies	Excluded	Applies

Clause or subclause of IEC 60079-0			IEC 60079-0 clause application to IEC 60079-11		
			Intrinsically safe apparatus		Associated apparatus
Ed. 5.0 (2007) (informative)	Ed. 6.0 (2011) (informative)	Clause / Subclause title (normative)	Group I and Group II	Group III	
4.3	4.3	Group III	Excluded	Applies	Applies
4.4	4.4	Equipment for a particular explosive atmosphere	Applies	Applies	Applies
5.1	5.1	Environmental influences	Applies	Applies	Applies
5.1.1	5.1.1	Ambient temperature	Applies	Applies	Applies
5.1.2	5.1.2	External source of heating or cooling	Applies	Applies	Applies
5.2	5.2	Service temperature	Applies	Applies	Applies
5.3.1	5.3.1	Determination of maximum surface temperature	Applies	Applies	Excluded
5.3.2.1	5.3.2.1	Group I electrical equipment	Applies	Excluded	Excluded
5.3.2.2	5.3.2.2	Group II electrical equipment	Applies	Excluded	Excluded
5.3.2.3	5.3.2.3	Group III electrical equipment	Excluded	Applies	Excluded
5.3.3	5.3.3	Small component temperature for Group I or Group II electrical equipment	Applies	Excluded	Excluded
6.1	6.1	General	Applies	Applies	Applies
6.2	6.2	Mechanical strength of equipment	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
6.3	6.3	Opening times	Excluded	Excluded	Excluded
6.4	6.4	Circulating currents in enclosures (e.g. of large electrical machines)	Excluded	Excluded	Excluded
6.5	6.5	Gasket retention	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
6.6	6.6	Electromagnetic and ultrasonic radiating equipment	Applies	Applies	Excluded
7.1.1	7.1.1	Applicability	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
7.1.2	7.1.2.1	Specification of materials	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
7.1.3	7.1.2.2	Plastic materials	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
7.1.4	7.1.2.3	Elastomers	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
7.2	7.2	Thermal endurance	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied

Clause or subclause of IEC 60079-0			IEC 60079-0 clause application to IEC 60079-11		
			Intrinsically safe apparatus		Associated apparatus
Ed. 5.0 (2007) (informative)	Ed. 6.0 (2011) (informative)	Clause / Subclause title (normative)	Group I and Group II	Group III	
7.3	7.3	Resistance to light	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
7.4	7.4	Electrostatic charges on external non-metallic materials	Applies	Applies	Excluded
NR	7.5	Accessible metal parts	Applies	Applies	Excluded
7.5	NR	Threaded holes	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
8.1	8.1	Material composition	Applies	Applies	Excluded
8.1.1	8.2	Group I	Applies	Excluded	Excluded
8.1.2	8.3	Group II	Applies	Excluded	Excluded
8.1.3	8.4	Group III	Excluded	Applies	Excluded
8.2	NR	Threaded holes	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
9	9	Fasteners	Excluded	Excluded	Excluded
10	10	Interlocking devices	Excluded	Excluded	Excluded
11	11	Bushings	Excluded	Excluded	Excluded
12	12	Materials used for cementing	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
13	13	Ex Components	Applies	Applies	Applies
14	14	Connection facilities and termination compartments	Excluded	Excluded	Excluded
15	15	Connection facilities for earthing or bonding conductors	Excluded	Excluded	Excluded
16	16	Entries into enclosures	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
17	17	Supplementary requirements for rotating machines	Excluded	Excluded	Excluded
18	18	Supplementary requirements for switchgear	Excluded	Excluded	Excluded
19	19	Supplementary requirements for fuses	Excluded	Excluded	Excluded
20	20	Supplementary requirements for plugs, socket outlets and connectors	Excluded	Excluded	Excluded
21	21	Supplementary requirements for luminaires	Excluded	Excluded	Excluded
22	22	Supplementary requirements for caplights and handlights	Modified	Modified	Excluded
23.1	23.1	General	Applies	Applies	Applies

Clause or subclause of IEC 60079-0			IEC 60079-0 clause application to IEC 60079-11		
			Intrinsically safe apparatus		Associated apparatus
Ed. 5.0 (2007) (informative)	Ed. 6.0 (2011) (informative)	Clause / Subclause title (normative)	Group I and Group II	Group III	
23.2	23.2	Batteries	Excluded	Excluded	Excluded
23.3	23.3	Cell types	Applies	Applies	Applies
23.4	23.4	Cells in a battery	Applies	Applies	Applies
23.5	23.5	Ratings of batteries	Applies	Applies	Applies
23.6	23.6	Interchangeability	Applies	Applies	Applies
23.7	23.7	Charging of primary batteries	Applies	Applies	Applies
23.8	23.8	Leakage	Applies	Applies	Applies
23.9	23.9	Connections	Applies	Applies	Applies
23.10	23.10	Orientation	Applies	Applies	Applies
23.11	23.11	Replacement of cells or batteries	Applies	Applies	Applies
23.12	23.12	Replaceable battery pack	Applies	Applies	Applies
24	24	Documentation	Applies	Applies	Applies
25	25	Compliance of prototype or sample with documents	Applies	Applies	Applies
26.1	26.1	General	Applies	Applies	Applies
26.2	26.2	Test configuration	Applies	Applies	Applies
26.3	26.3	Tests in explosive test mixtures	Applies	Applies	Applies
26.4.1	26.4.1	Order of tests	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
26.4.1.1	26.4.1.1	Metallic enclosures, metallic parts of enclosures and glass parts of enclosures	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
26.4.1.2	26.4.1.2	Non-metallic enclosures or non-metallic parts of enclosures	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
26.4.1.2.1	26.4.1.2.1	Group I electrical equipment	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
26.4.1.2.2	26.4.1.2.2	Group II and Group III electrical equipment	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
26.4.2	26.4.2	Resistance to impact	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
26.4.3	26.4.3	Drop test	Applies	Applies	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
26.4.4	26.4.4	Acceptance criteria	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
26.4.5	26.4.5	Degree of protection (IP) by enclosures	Applies	Applies	Applies
26.5.1.1	26.5.1.1	General	Applies	Applies	Excluded
26.5.1.2	26.5.1.2	Service temperature	Modified	Modified	Modified

Clause or subclause of IEC 60079-0			IEC 60079-0 clause application to IEC 60079-11		
			Intrinsically safe apparatus		Associated apparatus
Ed. 5.0 (2007) (informative)	Ed. 6.0 (2011) (informative)	Clause / Subclause title (normative)	Group I and Group II	Group III	
26.5.1.3	26.5.1.3	Maximum surface temperature	Modified	Modified	Modified
26.5.2	26.5.2	Thermal shock test	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
26.5.3	26.5.3	Small component ignition test (Group I and Group II)	Applies	Excluded	Excluded
26.6	26.6	Torque test for bushings	Excluded	Excluded	Excluded
26.7	26.7	Non-metallic enclosures or non-metallic parts of enclosures	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
26.8	26.8	Thermal endurance to heat	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
26.9	26.9	Thermal endurance to cold	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
26.10	26.10	Resistance to light	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
26.11	26.11	Resistance to chemical agents for Group I electrical equipment	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded	Excluded
26.12	26.12	Earth continuity	Excluded	Excluded	Excluded
26.13	26.13	Surface resistance test of parts of enclosures of non-metallic materials	Applies	Applies	Excluded
26.15	26.14	Measurement of capacitance	Applies	Applies	Excluded
NR	26.15	Verification of ratings of ventilating fans	Excluded	Excluded	Excluded
NR	26.16	Alternative qualification of elastomeric sealing O-rings	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
27	27	Routine tests	Applies	Applies	Applies
28	28	Manufacturer's responsibility	Applies	Applies	Applies
29	29	Marking	Applies	Applies	Applies
30	30	Instructions	Applies	Applies	Applies
Annex A (Normative)	Annex A (Normative)	Supplementary requirements for cable glands	Excluded	Excluded	Excluded
Annex B (Normative)	Annex B (Normative)	Requirements for Ex Components	Applies	Applies	Applies
Annex C (Informative)	Annex C (Informative)	Example of rig for resistance to impact test	Applies	Applies	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied

Clause or subclause of IEC 60079-0			IEC 60079-0 clause application to IEC 60079-11		
			Intrinsically safe apparatus		Associated apparatus
Ed. 5.0 (2007) (informative)	Ed. 6.0 (2011) (informative)	Clause / Subclause title (normative)	Group I and Group II	Group III	
Annex D (Informative)	NR	Alternative risk assessment method encompassing "equipment protection levels" for Ex equipment	Applies	Applies	Applies
Annex E (Informative)	Annex D (Informative)	Motors supplied by converters	Excluded	Excluded	Excluded
NR	Annex E (Informative)	Temperature rise testing of electric machines	Excluded	Excluded	Excluded
NR	Annex F (Informative)	Guideline flowchart for tests of non-metallic enclosures or non-metallic parts of enclosures (26.4)	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied	Excluded except when 6.1.3 a) is applied.	Excluded except when 6.1.2.3a) is applied
Applies – This requirement of IEC 60079-0 is applied without change. Excluded – This requirement of IEC 60079-0 does not apply. Excluded except – This requirement of IEC 60079-0 does not apply except when the conditions stated are met. Modified – This requirement of IEC 60079-0 is modified as detailed in this standard. NR – No requirements.					
NOTE The clause numbers in the above table are shown for information only. The applicable requirements of IEC 60079-0 are identified by the clause title which is normative. This table was written against the specific requirements of IEC 60079-0, ed. 6.0. The clause numbers for the previous edition are shown for information only. This is to enable the General requirements IEC 60079-0, ed. 5.0, to be used where necessary with this part of IEC 60079. Where there were no requirements, indicated by NR, or there is a conflict between requirements, the later edition requirements take precedence.					

2 Normative references

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

IEC 60079-0, *Explosive atmospheres – Part 0: Equipment – General requirements*

IEC 60079-7, *Explosive atmospheres – Part 7: Equipment protection by increased safety "e"*

IEC 60079-25, *Explosive atmospheres – Part 25: Intrinsically safe electrical systems*

IEC 60085, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

IEC 60112, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60127 (all parts), *Miniature fuses*

IEC 60317-3, *Specifications for particular types of winding wires – Part 3: Polyester enamelled round copper wire, class 155*

IEC 60317-7, *Specifications for particular types of winding wires – Part 7: Polyimide enamelled round copper wire, class 220*

IEC 60317-8, *Specifications for particular types of winding wires – Part 8: Polyesterimide enamelled round copper winding wire, class 180*

IEC 60317-13, *Specifications for particular types of winding wires – Part 13: Polyester or polyesterimide overcoated with polyamide-imide enamelled round copper wire, class 200*

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

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60664-3:2003, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 61158-2, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 2: Physical layer specification and service definition*

IEC 62013-1, *Caplights for use in mines susceptible to firedamp – Part 1: General requirements – Construction and testing in relation to the risk of explosion*

ANSI/UL 248-1, *Low-Voltage Fuses – Part 1: General Requirements*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60079-0, and the following apply.

3.1

general

3.1.1

intrinsic safety “i”

type of protection based on the restriction of electrical energy within equipment and of interconnecting wiring exposed to the explosive atmosphere to a level below that which can cause ignition by either sparking or heating effects

3.1.2

associated apparatus

electrical equipment 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 equipment which has another type of protection listed in IEC 60079-0 for use in the appropriate explosive atmosphere, or
- b) electrical equipment not so protected and which, therefore, is not normally used within an explosive atmosphere, for example a recorder which is not itself in an explosive atmosphere, but is connected to a thermocouple situated within an explosive atmosphere where only the recorder input circuit is intrinsically safe.

3.1.3

intrinsically safe apparatus

electrical equipment in which all the circuits are intrinsically safe circuits

3.1.4

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 atmosphere

3.1.5

simple apparatus

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

3.2

coating

insulating material such as varnish or dry film laid on the surface of the assembly

NOTE Coating and base material of a printed board form an insulating system that may have properties similar to solid insulation.

[Definition 3.5 of IEC 60664-3]

3.3

conformal coating

electrical insulating material applied as a coating to loaded printed circuit boards to produce a thin layer conforming to the surface in order to provide a protective barrier against deleterious effects from environmental conditions

[Definition 2.1 of IEC 61086-1]

3.4

control drawing

drawing or other document that is prepared by the manufacturer for the intrinsically safe or associated apparatus, detailing the electrical parameters to allow for interconnections to other circuits or apparatus

3.5

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

3.6

entity concept

method used to determine acceptable combinations of intrinsically safe apparatus and associated apparatus through the use of intrinsically safe parameters assigned to connection facilities

3.7

faults

3.7.1

countable fault

fault which occurs in parts of electrical apparatus conforming to the constructional requirements of IEC 60079-11

3.7.2**fault**

any defect of any component, separation, insulation or connection between components, not defined as infallible by IEC 60079-11, upon which the intrinsic safety of a circuit depends

3.7.3**non-countable fault**

fault which occurs in parts of electrical apparatus not conforming to the constructional requirements of IEC 60079-11

3.8**fuse rating** **I_n**

current rating of a fuse as specified in IEC 60127 series, ANSI/UL 248-1 or in the manufacturer's specification

3.9**FISCO**

abbreviation of Fieldbus Intrinsically Safe Concept

3.10**infallibility****3.10.1****infallible component****infallible assembly of components**

component or assembly of components that is considered as not subject to certain fault modes as specified in IEC 60079-11

NOTE 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.

3.10.2**infallible connection**

connections, including joints and interconnecting wiring and printed circuit board tracks, that are not considered according to IEC 60079-11 as becoming open-circuited in service or storage

NOTE 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.

3.10.3**infallible separation****infallible insulation**

separation or insulation between electrically conductive parts that is considered as not subject to short circuits as specified in IEC 60079-11

NOTE 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**internal wiring**

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

3.12**live maintenance**

maintenance activities carried out while the associated apparatus, intrinsically safe apparatus and circuits are energized

3.13 electrical parameters

3.13.1 maximum input voltage

U_i
maximum voltage (peak a.c. or d.c.) that can be applied to the connection facilities of apparatus without invalidating the type of protection

3.13.2 maximum input current

I_i
maximum current (peak a.c. or d.c.) that can be applied to the connection facilities of apparatus without invalidating the type of protection

3.13.3 maximum input power

P_i
maximum power that can be applied to the connection facilities of apparatus without invalidating the type of protection

3.13.4 maximum internal capacitance

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

3.13.5 maximum internal inductance

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

3.13.6 maximum internal inductance to resistance ratio

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

3.13.7 maximum output voltage

U_o
maximum voltage (peak a.c. or d.c.) that can appear at the connection facilities of the apparatus at any applied voltage up to the maximum voltage

3.13.8 maximum output current

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

3.13.9 maximum output power

P_o
maximum electrical power that can be taken from the apparatus

3.13.10**maximum external capacitance** **C_o**

maximum capacitance that can be connected to the connection facilities of the apparatus without invalidating the type of protection

3.13.11**maximum external inductance** **L_o**

maximum value of inductance that can be connected to the connection facilities of the apparatus without invalidating the type of protection

3.13.12**maximum external inductance to resistance ratio** **L_o/R_o**

maximum value of ratio of inductance to resistance that can be connected to the external connection facilities of the electrical apparatus without invalidating intrinsic safety

3.13.13**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 the type of protection

NOTE 1 This additionally applies to the maximum voltage that can be applied to non-intrinsically safe connection facilities of intrinsically safe apparatus (for example, charging connections on battery operated apparatus, where charging is only done in the non-hazardous area).

NOTE 2 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.

3.14**overvoltage category**

numeral defining a transient overvoltage condition

[Definition 1.3.10 of IEC 60664-1]

NOTE Overvoltage categories I, II, III and IV are used, see 2.2.2.1 of IEC 60664-1.

3.15**pollution degree**

numeral characterizing the expected pollution of the micro-environment

[Definition 1.3.13 of IEC 60664-1]

NOTE Pollution degrees 1, 2, 3 and 4 are used.

3.16**protective extra-low voltage****PELV**

extra-low voltage system which is not electrically separated from earth but which otherwise satisfies the requirements for SELV

NOTE A 50 V centre-tapped earth system is a PELV system.

3.17**rated insulation voltage**

r.m.s. withstand voltage value assigned by the manufacturer to the equipment or to a part of it, characterizing the specified (long-term) withstand capability of its insulation

[Definition 1.3.9.1 of IEC 60664-1]

NOTE The rated insulation voltage is not necessarily equal to the rated voltage of equipment which is primarily related to functional performance.

3.18

recurring peak voltage

maximum peak value of periodic excursions of the voltage waveform resulting from distortions of an a.c. voltage or from a.c. components superimposed on a d.c. voltage

NOTE Random overvoltages, for example due to occasional switching, are not considered as recurring peak voltages.

3.19

safety extra-low voltage

SELV

extra-low voltage system (i.e. normally not exceeding 50 V a.c. or 120 V ripple-free d.c.) electrically separated from earth and from other systems in such a way that a single fault cannot give rise to an electric shock

NOTE A 50 V earth free system is a SELV system.

3.20

encapsulation

encapsulate

process of applying a compound to enclose or placing in or as if in a capsule

3.21

casting

process of pouring a liquid compound at normal ambient pressure into a cast

3.22

moulding

process of placing an object in a tool with a shaping cavity and with plastic material being introduced around the inserted component with pressure applied to either partially or totally encapsulate the inserted component

NOTE This process may also be referred to as injection moulding, over-moulding or insert moulding.

3.23

galvanic isolation

arrangement within an apparatus which permits the transfer of signal or power between two circuits without any direct electrical connection between the two

NOTE Galvanic isolation frequently utilizes either magnetic (transformer or relay) or optocoupled elements.

4 Grouping and classification of intrinsically safe apparatus and associated apparatus

Intrinsically safe and associated apparatus which has a type of protection listed in IEC 60079-0 for use in the appropriate explosive atmosphere, shall be grouped in accordance with equipment grouping requirements of IEC 60079-0 and shall have a maximum surface temperature or temperature class assigned in accordance with the temperature requirements of IEC 60079-0.

Associated apparatus which has no such type of protection shall only be grouped in accordance with the equipment grouping requirements of IEC 60079-0.

5 Levels of protection and ignition compliance requirements of electrical apparatus

5.1 General

Intrinsically safe apparatus and intrinsically safe parts of associated apparatus shall be placed in Levels of Protection "ia", "ib" or "ic".

The requirements of this standard shall apply to all levels of protection unless otherwise stated. In the determination of level of protection "ia", "ib" or "ic", failure of components and connections shall be considered in accordance with 7.6. Failure of separations between conductive parts shall be considered in accordance with 6.3. The determination shall include opening, shorting and earthing of the external intrinsically safe connection facilities in accordance with 6.2.

The intrinsically safe parameters for the intrinsically safe apparatus and associated apparatus shall be determined taking into account the requirements for spark ignition compliance of 5.5 and thermal ignition compliance of 5.6.

For circuits of associated apparatus which are connected to safety extra low-voltage circuits (SELV) or protective extra low-voltage circuits (PELV) circuits, U_m shall only be applied as a 'common mode' voltage, with the nominal operating voltage applied for the differential mode signal between the circuit conductors. (Typical examples are RS-232, RS-485 or 4-20 mA circuits). The certificate number for associated apparatus relying on SELV or PELV circuits shall include the "X" suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the specific conditions of use listed on the certificate shall detail the precautions necessary.

Where live maintenance procedures are specified by the manufacturer in the documentation provided, the effects of this live maintenance shall not invalidate intrinsic safety and this shall be considered during the testing and assessment.

NOTE 1 Apparatus may be specified with more than one level of protection, and may have different parameters for each level of protection.

NOTE 2 For the application of U_m , U_i in the following clauses, any voltage up to the maximum voltage may be applied for the assessment.

5.2 Level of protection "ia"

With U_m and U_i applied, the intrinsically safe circuits in electrical apparatus of level of protection "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 10.1.4.2:

- 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 a) and b) shall be considered to give a level of protection of "ia" if the test requirements for "ia" can then be satisfied. If no countable faults can occur the requirements of a) shall be considered to give a level of protection of "ia" if the test requirements for "ia" can then be satisfied.

5.3 Level of protection "ib"

With U_m and U_i applied, the intrinsically safe circuits in electrical apparatus of level of protection "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 10.1.4.2. 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) shall be considered to give a level of protection of "ib" if the test requirements for "ib" can be satisfied.

5.4 Level of protection "ic"

With U_m and U_i applied, the intrinsically safe circuits in electrical apparatus of level of protection "ic" shall not be capable of causing ignition in normal operation and under the conditions specified in this standard.

In testing or assessing the circuits for spark ignition, a safety factor of 1,0 shall be applied in accordance with 10.1.4.2. The safety factor applied to the voltage or current for the determination of surface temperature classification shall be 1,0.

NOTE The concept of countable faults does not apply to this level of protection. Infallible components and assemblies, as in Clause 8, are not applicable. For level of protection "ic", the term 'infallible' should be read as 'meeting the requirements of 7.1'.

5.5 Spark ignition compliance

The circuit shall be assessed and/or tested for the successful limitation of the spark energy that may be capable of causing ignition of the explosive atmosphere, at each point where an interruption or interconnection may occur, in accordance with 10.1.

For Group III, the spark ignition tests to the requirements of Group IIB shall be applied to circuits exposed to dust.

5.6 Thermal ignition compliance

5.6.1 General

All surfaces of components, enclosures, wiring and the tracks on printed circuit boards which may come in contact with explosive atmospheres shall be assessed and/or tested for the maximum temperature. The maximum temperature allowable after the application of faults, as provided in 5.2, 5.3 and 5.4, shall be in accordance with the temperature requirements of IEC 60079-0. Tests, when required, are specified in 10.2.

NOTE 1 The requirements of this clause are not applicable to associated apparatus protected by another type of protection listed in IEC 60079-0 or located outside the hazardous area.

NOTE 2 Care should be taken in the selection of materials to be used adjacent to components that could exhibit excessive temperatures such as cells, batteries, or components that could dissipate power greater than 1,3 W, under the fault conditions defined in Clause 5, to prevent the secondary ignition of the explosive atmosphere by for example, heating or burning of the printed circuit boards, coatings or component packaging.

5.6.2 Temperature for small components for Group I and Group II

Requirements for temperatures of small components used in Group I or Group II equipment are provided in the small component temperature for Group I or Group II electrical equipment requirements of IEC 60079-0 and the test requirements are provided in the small component ignition test of IEC 60079-0.

The 5 K and 10 K margin of safety required by the maximum surface temperature requirements of IEC 60079-0 does not apply to the maximum surface temperature values, 200 °C, 275 °C and 950 °C shown in the table for the assessment of temperature classification according to component size at 40 °C ambient temperature in IEC 60079-0.

NOTE Where a catalytic or other chemical reaction can result specialist advice should be sought.

5.6.3 Wiring within intrinsically safe apparatus for Group I and Group II

The maximum permissible current corresponding to the maximum wire temperature due to self-heating shall either be taken from Table 2 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 (0,004 284 K⁻¹ for copper, 0,004 201 K⁻¹ for gold);

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

I_f is the current at which the wire melts at the maximum specified ambient temperature, in amperes;

T is the melting temperature of the wire material in degrees Celsius (1 083 °C for copper, 1 064 °C for gold);

t is the threshold temperature, in degrees Celsius, of the applicable temperature class. The value of t is the wire temperature due to self-heating and ambient temperature.

Example: fine copper wire (Temperature class =T4)

$a = 0,004\ 284\ \text{K}^{-1}$

$I_f = 1,6\ \text{A}$ (determined experimentally or specified by the wire manufacturer)

$T = 1\ 083\ ^\circ\text{C}$

t for T4 (small component, $t \leq 275\ ^\circ\text{C}$)

Applying the equation

$I = 1,3\ \text{A}$ (This is the maximum normal or fault current which may be allowed to flow to prevent the wire temperature from exceeding 275 °C.)

**Table 2 – 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 A		
		T1 to T4 and Group I	T5	T6
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 5.6.4.

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

NOTE 5 Where the maximum power does not exceed 1,3 W the wiring can be assigned a temperature classification of T4 and is acceptable for Group I. For Group I where dust is excluded, a maximum power of 3,3 W is permitted for ambient temperatures of up to 40 °C. Refer to IEC 60079-0, Table 3a) and 3b) where derating is required for ambient temperatures greater than 40 °C.

5.6.4 Tracks on printed circuit boards for Group I and Group II

The temperature classification of tracks of printed circuit boards shall be determined using available data or by actual measurement.

Where the tracks are made of copper, the temperature classification may be determined using Table 3.

For example, on printed circuit boards of at least 0,5 mm thickness, having a conducting track of at least 33 µm thickness on one or both sides, by applying factors given in Table 3, a temperature classification of 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 0,444 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 0,648 A, 1,092 A and 1,833 A respectively.

Track lengths of 10 mm or less shall be disregarded for temperature classification purposes.

Where temperature classification of a track is to be experimentally determined, the maximum continuous current shall be used.

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

In the absence of testing, where the maximum power does not exceed 1,3 W, the tracks are suitable for a temperature classification of T4 or Group I.

In the absence of testing, where dust is excluded and the maximum power does not exceed 3,3 W, the tracks are suitable for Group I.

Refer to the assessment of temperature classification for component surface areas $\geq 20 \text{ mm}^2$ table in IEC 60079-0. Variation in maximum power dissipation with ambient temperature in IEC 60079-0 where a derating is required for ambient temperatures greater than 40 °C.

**Table 3 – Temperature classification of tracks on printed circuit boards
(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
0,075	0,8	0,6	0,5
0,1	1,0	0,8	0,7
0,125	1,2	1,0	0,8
0,15	1,4	1,1	1,0
0,2	1,8	1,4	1,2
0,3	2,4	1,9	1,7
0,4	3,0	2,4	2,1
0,5	3,5	2,8	2,5
0,7	4,6	3,5	3,2
1,0	5,9	4,8	4,1
1,5	8,0	6,4	5,6
2,0	9,9	7,9	6,9
2,5	11,6	9,3	8,1
3,0	13,3	10,7	9,3
4,0	16,4	13,2	11,4
5,0	19,3	15,5	13,5
6,0	22,0	17,7	15,4

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

This table applies to printed boards 1,6 mm or thicker with a single layer of copper of 33 μm thickness

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

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

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

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

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

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.

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 for tracks passing under components dissipating 0,25W or more.

For ambient temperature up to 60 °C, divide the maximum current by 1,2.

For ambient temperature up to 80 °C, divide the maximum current by 1,3.

5.6.5 Intrinsically safe apparatus and component temperature for Group III

For determination of maximum surface temperature for intrinsically safe apparatus of Group III, refer to IEC 60079-0, temperature measurement. In particular the measurement shall be made using the specified values of U_i and I_i for the intrinsically safe apparatus without a 10 % safety factor. The temperature shall be that of the surface of the intrinsically safe apparatus that is in contact with the dust. For example, for intrinsically safe apparatus protected by enclosure of at least IP5X, the surface temperature of the enclosure shall be measured.

Alternatively intrinsically safe apparatus shall be considered suitable for total immersion, or an uncontrolled dust layer thickness, if the matched power dissipation in any component is in accordance with Table 4, and the continuous short-circuit current is less than 250 mA. The intrinsically safe apparatus shall be marked T135 °C.

Table 4 – Maximum permitted power dissipation within a component immersed in dust

Maximum ambient temperature	°C	40	70	100
Permitted power	mW	750	650	550

5.7 Simple apparatus

The following shall be considered to be simple apparatus:

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

Simple apparatus shall conform to all relevant requirements of this standard with the exception of Clause 12. The manufacturer or intrinsically safe system designer shall demonstrate compliance with this clause, including material data sheets and test reports, if applicable.

The following aspects shall always be considered:

- simple apparatus shall not achieve safety by the inclusion of voltage and/or current-limiting and/or suppression devices;
- simple apparatus shall not contain any means of increasing the available voltage or current, for example DC-DC converters;
- 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 6.3.13. Its terminals shall conform to 6.2.1;
- non-metallic enclosures and enclosures containing light metals when located in the explosive atmosphere shall conform to the electrostatic charges on external non-metallic materials requirements and metallic enclosures and parts of enclosures requirements of IEC 60079-0;
- when simple apparatus is located in the explosive atmosphere, the maximum surface temperature shall be assessed. 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 will have a maximum surface temperature of less than 85 °C, so they can be allocated a T6 temperature classification for Group II applications and are also suitable for Group I and Group III applications. For other types of simple apparatus the maximum temperature shall be assessed in accordance with 5.6 of this standard.

Where simple apparatus forms part of an apparatus containing other electrical circuits, the whole shall be assessed according to the requirements of this standard.

NOTE 1 Sensors which utilize catalytic reaction or other electro-chemical mechanisms are not normally simple apparatus. Specialist advice on their application should be sought.

NOTE 2 It is not a requirement of this standard that the conformity of the manufacturer's specification of the simple apparatus needs to be verified.

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.

For example, the requirements for encapsulation with casting compound apply only if encapsulating is required to satisfy 6.3.5 or 6.6.

6.1 Enclosures

6.1.1 General

Where intrinsic safety can be impaired by ingress of moisture or dust or by access to conducting parts, for example if the circuits contain infallible creepage distances, an enclosure is necessary.

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 may be required for Group I apparatus.

The "enclosure" need 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)

6.1.2 Enclosures for Group I or Group II apparatus

6.1.2.1 General

Intrinsically safe and associated apparatus which rely on the spacings in Table 5 or Annex F shall be provided with an enclosure meeting the requirements of 6.1.2.2 or 6.1.2.3 as applicable.

6.1.2.2 Apparatus complying with Table 5

Apparatus meeting the separation requirements of Table 5 shall be provided with an enclosure meeting the requirements of IP20 in accordance with IEC 60529 or greater according to the intended use and environmental conditions.

The enclosure does not need to be subjected to the tests for enclosures in IEC 60079-0; however for portable apparatus, the drop test of IEC 60079-0 still applies.

6.1.2.3 Apparatus complying with Annex F

Apparatus meeting the separation requirements of Tables F.1 or F.2 shall be provided with protection to achieve pollution degree 2. This can be achieved by one of the following:

- a) an enclosure meeting the requirements of IP54 or greater according to the intended use and environmental conditions in accordance with IEC 60529. For such enclosures the clauses of IEC 60079-0 identified in Table 1 additionally apply.
- b) an enclosure meeting the requirements of IP20 or greater according to the intended use and environmental conditions in accordance with IEC 60529 provided that separations are obtained by using coating type 1 or type 2 or casting compound or through solid insulation. The enclosure does not need to be subjected to the tests for enclosures in IEC 60079-0; however for portable apparatus, the drop test of IEC 60079-0 still applies.
- c) an enclosure meeting the requirements of IP20 and by restricted installation, provided that the restricted installation requirements shall be specified as Specific Conditions of Use and the certificate number shall include the "X" suffix in accordance with the marking

requirements of IEC 60079-0 and the Specific Conditions of Use listed on the certificate shall detail the installation requirements.

6.1.3 Enclosures for Group III apparatus

Where the intrinsic safety of intrinsically safe apparatus can be impaired by ingress of dust or by access to conducting parts, for example if the circuits contain infallible creepage distances, an enclosure is necessary by one of the following:

- a) Where separation is accomplished by meeting the requirements for clearance or creepage distances of Table 5 or Annex F, the enclosure shall provide a degree of protection of at least IP5X, according to IEC 60529. For such enclosures the 6.1.2.3 a) shall additionally apply.
- b) Where separation is accomplished by meeting the requirements for distances under coating, casting compound or separation distances through solid insulation of Table 5 or Annex F, the enclosure shall provide a degree of protection of at least IP2X, according to IEC 60529. The enclosure does not need to be subjected to the tests for enclosures in IEC 60079-0; however for portable apparatus, the drop test of IEC 60079-0 still applies.

Enclosures for Group III associated apparatus shall meet the requirements of 6.1.2.

6.2 Facilities for connection of external circuits

6.2.1 Terminals

In addition to satisfying the requirements of 6.3, 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 1 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 bare conducting parts of terminals shall be at least 50 mm.

NOTE 2 Care should 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 bare conducting parts of 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 10.6.3 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 an appropriate CTI, 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 10.6.3 if of lesser thickness.

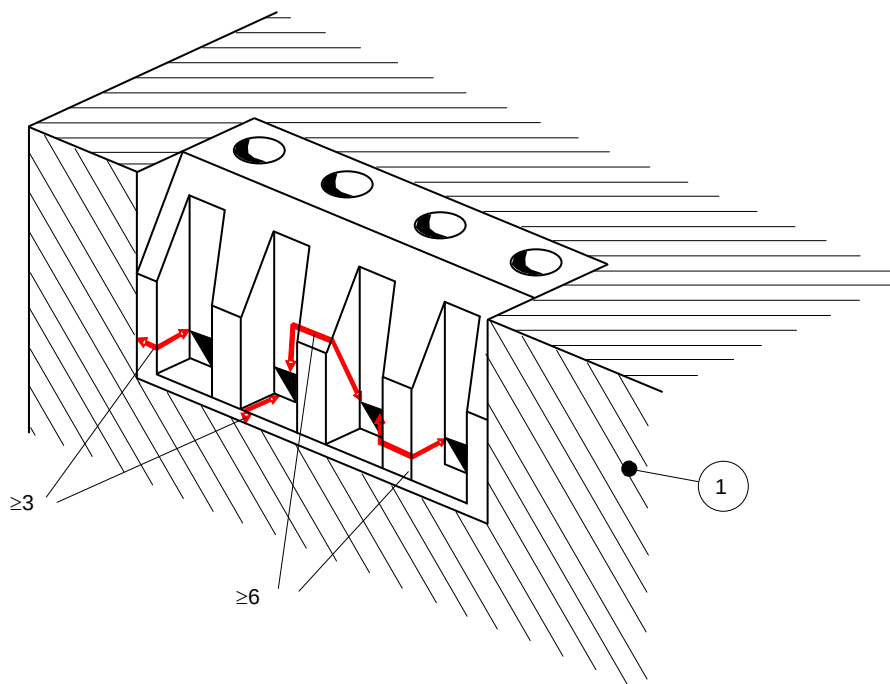
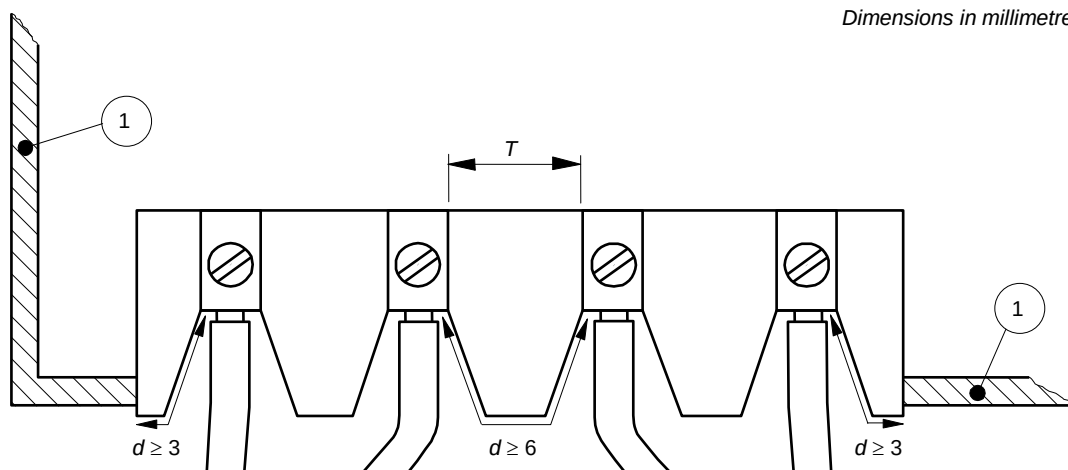
The clearances and creepage distances between the bare conducting parts of terminals of separate intrinsically safe circuits and to earthed or potential-free conducting parts shall be equal to or exceed the values given in Table 5.

Where separate intrinsically safe circuits are being considered, the clearance distance between bare conducting parts of external connection facilities shall meet the following:

- at least 6 mm between the separate intrinsically safe circuits;
- at least 3 mm from earthed parts, if connection to earth has not been considered in the safety analysis.

See Figure 1 when measuring distances around solid insulating walls or partitions. Any possible movement of metallic parts that are not rigidly fixed shall be taken into account.

Dimensions in millimetres



IEC 1380/06

Key

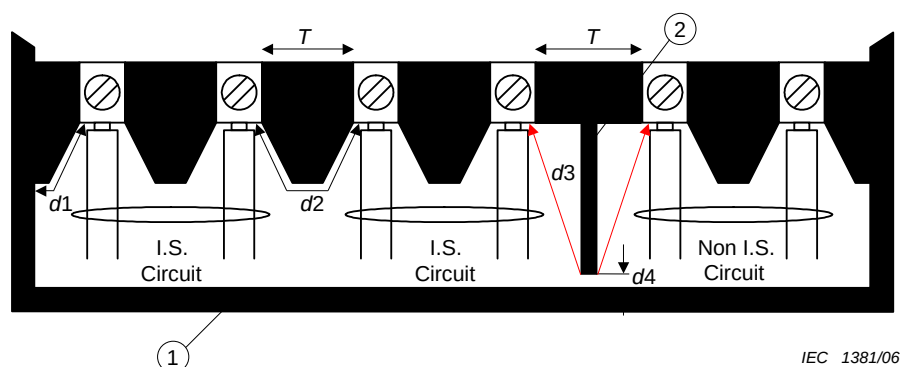
1 Conductive cover

T Distances in accordance with 6.3

d Clearance distance at external connection facilities of terminals in accordance with 6.2.1

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

Figure 1a – Distance requirements for terminals carrying separate intrinsically safe circuits



IEC 1381/06

Key

1 Cover: non-conductive, or conductive and earthed

2 Partition in accordance with 6.2.1b); in this example, it shall be homogeneous with the base or cemented to it.

T Distances in accordance with 6.3

$d1 \geq 3 \text{ mm}$; when cover is conductive and earthed

$d2 \geq 6 \text{ mm}$

$d3 \geq 50 \text{ mm}$ or $d4 \leq 1,5 \text{ mm}$

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

Figure 1b – Example of separation of intrinsically safe and non-intrinsically safe terminals through use of a partition

Figure 1 – Separation of intrinsically safe and non-intrinsically safe terminals

6.2.2 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.

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 6.2.1. 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 5.

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 6.5.

6.2.3 Determination of maximum external inductance to resistance ratio (L_0/R_0) for resistance limited power source

The maximum external inductance to resistance ratio (L_0/R_0) 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_s for the output terminals of the apparatus exceeds 1 % of C_0 .

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

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

U_o is the maximum open circuit voltage, in volts;

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

C_s is the maximum capacitance present at the power source terminals, in farads

If $L_s = 0$

then

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

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

NOTE 1 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.

NOTE 2 L_o/R_o may be determined experimentally for non-linear power sources by testing the circuit with several discrete values of L_o and R_o using the spark tests in 10.1. The values of R_o used should range from practically a short circuit (maximum I_o) to practically open circuit (I_o nearly zero) and a trend established that ensures that the L_o/R_o will not result in failure of the spark test.

6.2.4 Permanently connected cable

Apparatus which is constructed with an integral cable for external connections shall be subjected to the pull test in 10.9 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.

6.2.5 Requirements for connections and accessories for IS apparatus when located in the non-hazardous area

Intrinsically safe apparatus may be provided with connection facilities that are restricted to use in a non-hazardous area e.g. data downloading and battery charging connections. Such facilities shall be provided with protection to ensure the ratings of the safety components within the intrinsically safe equipment comply with 7.1. The use of a fuse protected shunt Zener assembly complying with 7.3 and 7.5.2 shall be considered sufficient protection for voltage limitation.

Where these connections are provided for the connection of battery charger see also 7.4.9.

Protection circuitry and components may reside either in the intrinsically safe apparatus or the non-hazardous area equipment. If any part of the protection circuit is located in the non-hazardous area accessory, it shall be assessed in accordance with this standard and the non-hazardous area accessory shall be stated in the documentation.

The maximum voltage U_m that can be applied to these non-hazardous area connections shall be stated in the documentation, and marked on the intrinsically safe apparatus. The U_m at the connection facilities shall be assumed to be the normal mains supply voltage e.g. 250 V a.c. unless marked otherwise.

NOTE If U_m is less than 250 V a.c., this should not be derived from unassessed equipment.

Additionally, the circuit of the intrinsically safe apparatus shall be provided with means to prevent the delivery of ignition-capable energy to these safe area connections when in the hazardous area.

NOTE These requirements do not apply to the use of connections by the manufacturer during production, test, repair or overhaul.

6.3 Separation distances

6.3.1 General

Requirements for separation distances are given in 6.3.2 to 6.3.14. An alternative method for the dimensioning of separation distances is given in Annex F.

6.3.2 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.

Separation distances that comply with the values of Table 5 or Annex F under the conditions of 6.1.2.2, 6.1.2.3 or 6.1.3 shall not be subject to a fault.

The fault mode of failure of segregation shall only be a short-circuit.

Separation requirements shall not apply where earthed metal, for example tracks of a printed circuit board 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. Creepage distance requirements shall not apply where earthed printed circuit board tracks separate conductive tracks requiring separation, but clearance requirements shall still be applied. Clearance requirements shall not apply where an earthed metallic partition of sufficient height does not allow a discharge between components requiring separation.

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 10.6.3 if of lesser thickness.

Where a non-metallic insulating partition having a thickness and appropriate CTI in accordance with Table 5 is placed between the conductive parts, the clearances, creepage distances and other separation distances shall be measured around the partition provided that either the partition has a thickness of at least 0,9 mm, or conforms to 10.6.3 if of lesser thickness.

NOTE 2 Methods of assessment are given in Annex C.

6.3.2.1 Distances according to Table 5

For Levels of Protection “ia” and “ib”, smaller separation distances, which are less than the values specified in Table 5 but greater than or equal to one-third of that value, shall be considered as subject to countable short-circuit faults if this impairs intrinsic safety.

For Levels of Protection “ia” and “ib”, if separation distances are less than one-third of the values specified in Table 5, they shall be considered as subject to non-countable short-circuit faults if this impairs intrinsic safety.

For Level of Protection “ic”, if separation distances are less than the values specified in Table 5, they shall be considered as short-circuits if this impairs intrinsic safety.

6.3.2.2 Distances according to Annex F

For Levels of Protection “ia” and “ib”, if separation distances are less than the values specified in Annex F, they shall be considered to fault as provided in F.3.1 if this impairs intrinsic safety.

For Level of Protection “ic”, if separation distances are less than the values specified in Annex F, they shall be considered as short-circuits if this impairs intrinsic safety.

Table 5 – Clearances, creepage distances and separations

1	2		3		4		5		6		7	
	Clearance mm		Separation distance through casting compound mm		Separation distance through solid insulation mm		Creepage distance mm		Distance under coating mm		Comparative tracking index (CTI) ^{a)}	
Voltage (peak value) V	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia	ib, ic
Level of protection												
10	1,5	0,4	0,5	0,2	0,5	0,2	1,5	1,0	0,5	0,3	-	-
30	2,0	0,8	0,7	0,2	0,5	0,2	2,0	1,3	0,7	0,3	100	100
60	3,0	0,8	1,0	0,3	0,5	0,3	3,0	1,9	1,0	0,6	100	100
90	4,0	0,8	1,3	0,3	0,7	0,3	4,0	2,1	1,3	0,6	100	100
190	5,0	1,5	1,7	0,6	0,8	0,6	8,0	2,5	2,6	1,1	175	175
375	6,0	2,5	2,0	0,6	1,0	0,6	10,0	4,0	3,3	1,7	175	175
550	7,0	4,0	2,4	0,8	1,2	0,8	15,0	6,3	5,0	2,4	275	175
750	8,0	5,0	2,7	0,9	1,4	0,9	18,0	10,0	6,0	2,9	275	175
1 000	10,0	7,0	3,3	1,1	1,7	1,1	25,0	12,5	8,3	4,0	275	175
1 300	14,0	8,0	4,6	1,7	2,3	1,7	36,0	13,0	12,0	5,8	275	175
1 575	16,0	10,0	5,3		2,7		49,0	15,0	16,3		275	175
3,3 k		18,0	9,0		4,5			32,0				
4,7 k		22,0	12,0		6,0			50,0				
9,5 k		45,0	20,0		10,0			100,0				
15,6 k		70,0	33,0		16,5			150,0				
a) Evidence of compliance with the CTI requirements of insulating materials shall be provided by the manufacturer. At voltages up to 10 V, the CTI of insulating materials is not required to be specified.												

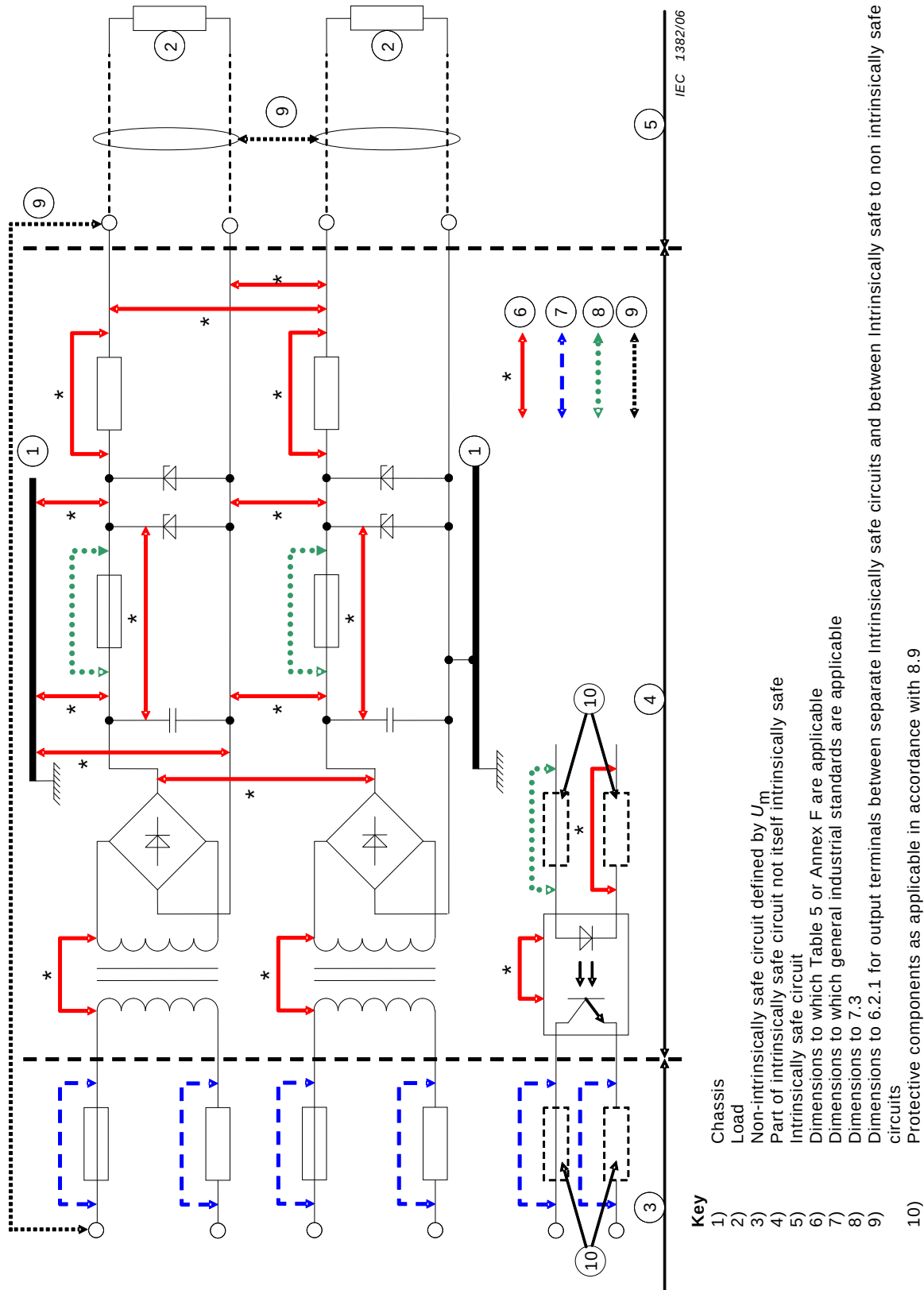


Figure 2 – Example of separation of conducting parts

6.3.3 Voltage between conductive parts

The voltage which is taken into account when using Table 5 or Annex F 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 2) 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:

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

- 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, that opens the circuit shall not be considered when evaluating the creepage distance, but shall be considered when evaluating clearances.

6.3.4 Clearance

Insulating partitions that do not meet the requirements of 6.3.2 shall be ignored, other insulating parts shall conform to column 4 of Table 5.

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 6.3.2.

6.3.5 Separation distances through casting compound

Casting compound shall meet the requirements of 6.6. For those parts that require encapsulation, 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 column 3 of Table 5, with a minimum of 1 mm. When the casting compound is in direct contact with and adheres to an enclosure of solid insulation material conforming to column 4 of Table 5, no other separation is required (see Figure D.1).

The insulation of the encapsulated circuit shall conform to 6.3.13.

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.

NOTE Further guidance is given in Annex D.

6.3.6 Separation distances through solid insulation

Solid insulation is insulation which is extruded or moulded but not poured. It shall have a dielectric strength that conforms to 6.3.13 when the separation distance is in accordance with Table 5 or Annex F. The maximum current in the insulated wiring shall not exceed the rating specified by the manufacturer of the wire.

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.

NOTE 4 Separation between adjacent tracks on intermediate layers of printed circuit boards should be considered as separation distances through solid insulation.

6.3.7 Composite separations

Where separations complying with Table 5 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 column of Table 5. For example at 60 V:

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

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

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

For Levels of Protection “ia” and “ib”, for the separation to be infallible, the above result shall be not less than the clearance value specified in Table 5.

Any clearance or separation which is below one-third of the relevant value specified in Table 5 shall be ignored for the purpose of calculation.

For Level of Protection “ic”, the above results shall not be less than the clearance value specified in Table 5.

6.3.8 Creepage distance

For the creepage distances specified in column 5 of Table 5, the insulating material shall conform to column 7 of Table 5 or Annex F where applicable, which specify 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 3.

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 column 5 of Table 5 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 6.3.2.

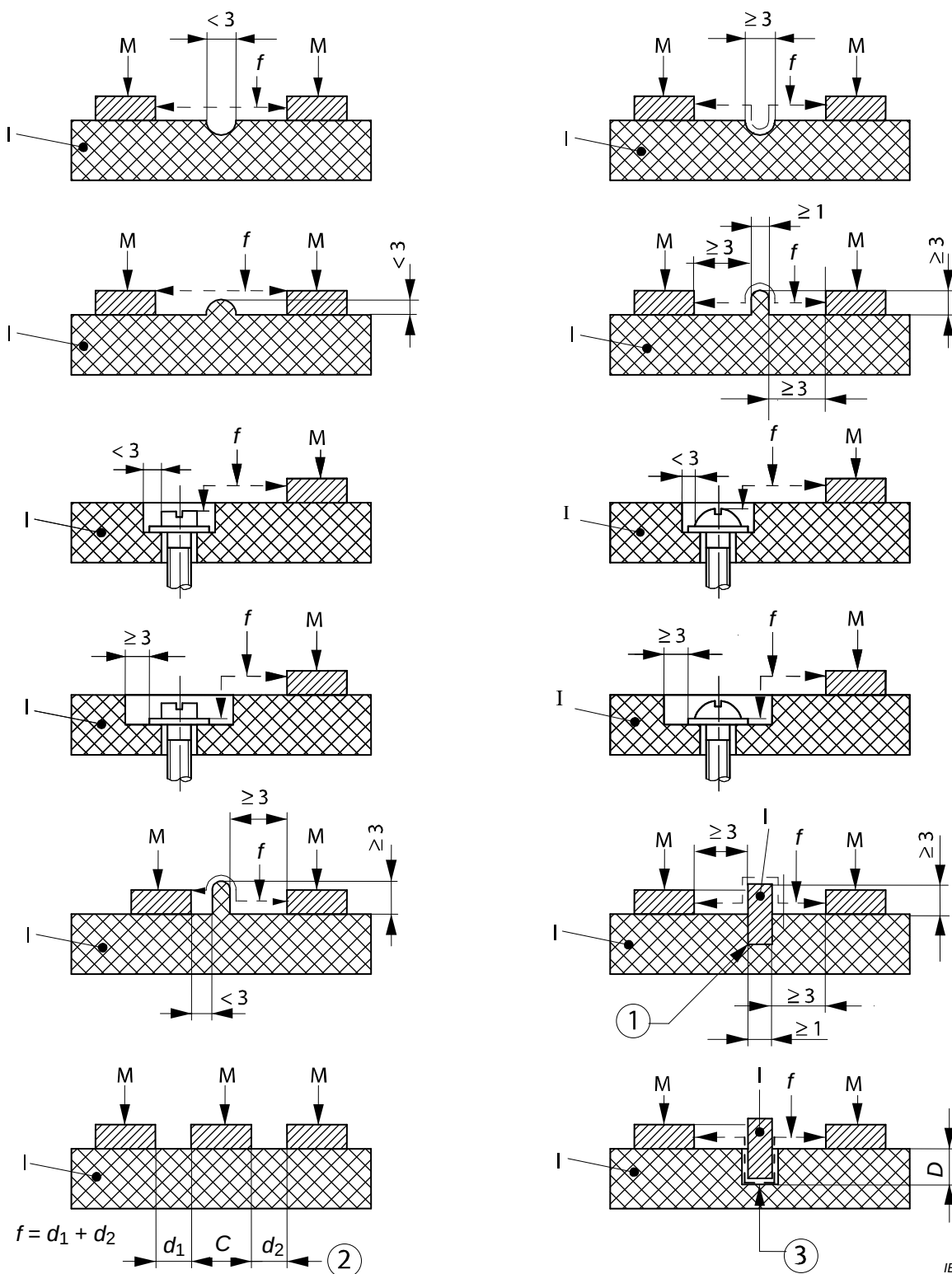


Figure 3 – Determination of creepage distances

6.3.9 Distance under coating

A conformal coating shall seal the 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 an additional coat is applied, provided that no damage occurs during soldering. Other methods of application require only one coat, for example dip coating, brushing, or vacuum impregnating. A solder mask that meets the requirements of a Type 1 coating in accordance with IEC 60664-3 is considered as a conformal coating and an additional coating is not required. The manufacturer shall provide evidence of compliance with these requirements.

NOTE 1 It is not a requirement of this Standard that the conformity of the manufacturer's specification of the coating needs to be verified.

The method used for coating the board shall be specified in the documentation according to the documentation requirements of IEC 60079-0. 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. The distances within the coating shall be in accordance with column 6 of Table 5.

Where bare conductors or conductive parts emerge from the coating the comparative tracking index (CTI) in column 7 of Table 5 or column 7 of Table F.2 or material group as specified in F.3.1 shall apply to both insulation and coating.

NOTE 2 The concept of distance under coating was developed for flat surfaces, for example non-flexible printed circuit boards. Flexible printed circuit boards should have suitable elastic coating that does not crack. Radical differences from this format require special consideration.

6.3.10 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 4):

- a) when a printed circuit is covered by a conformal coating according to 6.3.9, the requirements of 6.3.4 and 6.3.8 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 6.3.9 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;
- c) where a component is mounted over or adjacent to tracks on the printed circuit boards, a non-countable fault shall be considered to occur between the conductive part of the component and the track unless;
 - 1) the separation is in accordance with 6.3.2 between the conductive part of the component and the track, or
 - 2) failure results in a less onerous condition.

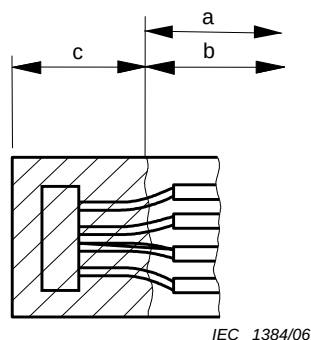


Figure 4a – Partially coated board

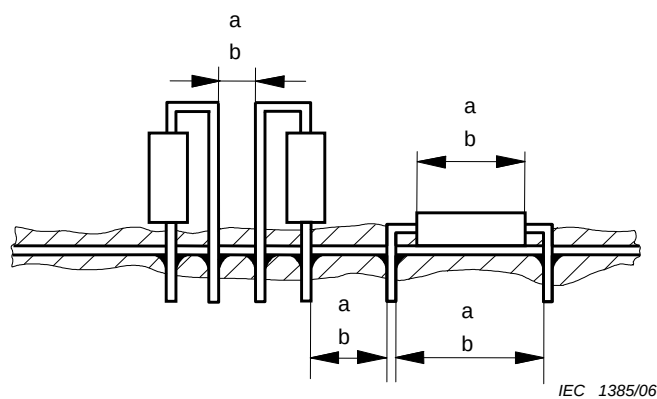


Figure 4b – Board with soldered leads protruding

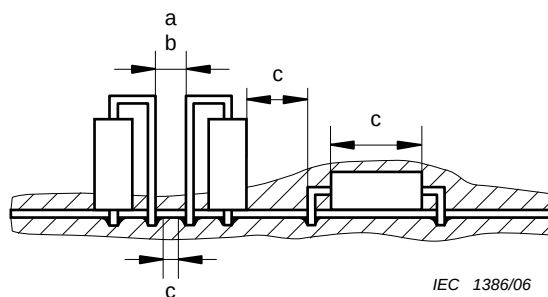


Figure 4c – Board with soldered leads folded or cropped

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

Key

- a Apply clearance distance requirements of 6.3.4
- b Apply creepage distance requirements of 6.3.8
- c Apply distance under coating requirements of 6.3.9

Figure 4 – Creepage distances and clearances on printed circuit boards

6.3.11 Separation by earthed screens

Where separation between circuits or parts of circuits is provided by an earthed 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 6.5.

6.3.12 Internal wiring

Insulation, except for varnish and similar coatings, covering the conductors of internal wiring shall be considered as solid insulation (see 6.3.6).

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.

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 column 4 of Table 5, taking into account the requirements of 6.3.7 except when one of the following apply:

- the cores of either the intrinsically safe or the non-intrinsically safe circuit are enclosed in an earthed screen, or
- in Levels of Protection "ib" and "ic" 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 when tested in accordance with 10.3.

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

6.3.13 Dielectric strength requirement

The insulation between an intrinsically safe circuit and the frame of the electrical equipment or parts which may be earthed shall be capable of complying with the test described in 10.3 at an r.m.s. a.c. test voltage of twice the voltage of the intrinsically safe circuit or 500 V r.m.s., whichever is the greater. Where the circuit does not satisfy this requirement the apparatus shall be marked with the symbol "X" and the documentation shall indicate the necessary information regarding the correct installation.

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 r.m.s., where U is the sum of the r.m.s. values of the voltages of the circuits under consideration.

6.3.14 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 the nominal value of 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 5 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 6.3.2. 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 5.

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 6.3.2 in addition to Table 5. 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.

Alternatively, segregation of relays may be assessed by application of Annex F, taking into account ambient conditions and applicable overvoltage categories as given in Annex F. The requirements for earthed metal or insulating barriers above shall also be applied in this case. If the insulating or earthed metal barrier is embedded in a closed relay enclosure then 10.6.3 shall be applied to the closed relay enclosure and not to the insulating or earthed metal barrier itself.

6.4 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 intrinsically safe apparatus or at connections between cells of a battery where this could occur. For this purpose, a single diode shall be acceptable.

6.5 Earth conductors, connections and terminals

Where earthing, for example of enclosures, conductors, metal screens, tracks on a printed circuit board, 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 carries 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 5). 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.

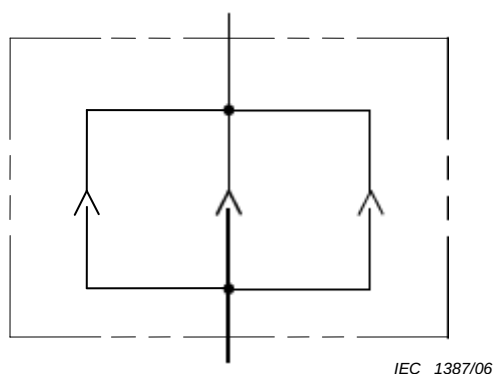


Figure 5a – Example of three independent connecting elements

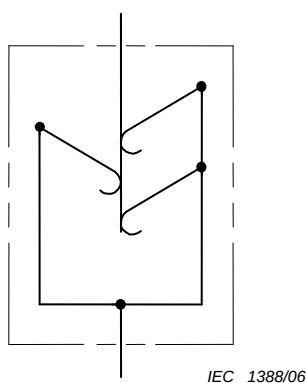


Figure 5b – Example of three connecting elements which are not independent

Figure 5 – Examples of independent and non-independent connecting elements

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.

6.6 Encapsulation

6.6.1 General

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

For associated apparatus, fault conditions within the compound shall be assessed.

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

Encapsulation may be applied by casting, moulding or pouring.

Where encapsulation is used, it shall conform to the following and where appropriate it applies also to any potting box or parts of an enclosure used in the encapsulation process:

- a) have a temperature rating, specified by the manufacturer of the compound or apparatus, which is at least equal to the maximum temperature achieved by any component under encapsulated conditions;
- b) alternatively temperatures higher than the compound's rating shall be accepted provided that they do not cause damage to the compound. When the temperature of the compound exceeds its continuous operating temperature (COT), no visible damage of the compound that could impair the type of protection shall be evident, such as cracks in the compound, exposure of encapsulated parts, flaking, impermissible shrinkage, swelling, decomposition, or softening. In addition, the compound shall not show evidence of overheating that would adversely affect the protection;
- c) have at its free surface a CTI value of at least that specified in Table 5 or Annex F if any bare conductive parts protrude from the compound;
- d) only materials passing the test in 10.6.1 shall have its free surface exposed and unprotected, thus forming part of the enclosure;
- e) be adherent to all conductive parts, components and substrates except when they are totally enclosed by the compound;
- f) the compound shall be free of voids, except that encapsulation of components containing free space (transistors, relays, fuses etc) is allowed.
- g) be specified by its generic name and type designation given by the manufacturer of the compound.

NOTE Further guidance is given in Annex D.

6.6.2 Encapsulation used for the exclusion of explosive atmospheres

Where casting is used to exclude an explosive atmosphere from components and intrinsically safe circuits, it shall conform to 6.3.5.

Where moulding is used to exclude an explosive atmosphere from components and intrinsically safe circuits, the minimum thickness to the free surface shall comply with column 4 of Table 5, see Figures D.3a and D.3b.

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

NOTE Examples of the application of 6.6.2 are; fuses, piezo-electric devices with their suppression components and energy storage devices with their suppression components.

7 Components on which intrinsic safety depends

7.1 Rating of components

For Level of Protection "ia" and "ib" 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, 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. For Level of Protection "ic", in normal operation, components on which the type of protection depends shall not operate at more than their maximum current and voltage and no more than two-thirds of their power. These maximum rated values shall be the normal commercial ratings specified by the manufacturer of the component.

For Levels of Protection "ia", "ib" and "ic" transformers, fuses, thermal trips, relays, opto-couplers and switches are allowed to operate at their normal ratings in order to function correctly.

The effects of mounting conditions, ambient temperature and other environmental influences, and the service temperature requirements of IEC 60079-0 shall be taken into account when determining component rating. For example, in a semiconductor the power dissipation shall not exceed two-thirds of the power which is required to reach the maximum allowed junction temperature under the particular mounting conditions.

The rating of components shall be as above when connected to any other apparatus used in the non-hazardous area, e.g. during charging, routine maintenance, data downloading operations, including the application of required faults in the intrinsically safe apparatus.

In-circuit programming connectors that are not accessible by the user, and which are only used at manufacture, during repair or overhaul, are exempt from the requirements of this clause.

Where a resistor and capacitor are connected in series to protect the discharge from the capacitor, the resistor may be considered to dissipate power in watts numerically equal to CU^2 , where C is capacitance in farads, U is voltage in volts.

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 % 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.

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 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 6.5.

7.3 Fuses

Where fuses are used to protect other components, $1,7 I_n$ shall be assumed to flow continuously. The cold resistance of the fuse at the minimum specified ambient temperature may be taken as an infallible resistance complying with 8.5 for current limiting purposes. (In the absence of available information, this may be taken as the minimum resistance at the minimum specified ambient temperature when measured on 10 samples as required in 10.4.) 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 10.4 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 for Levels of Protection "ia" and "ib", which may carry current when located in explosive atmospheres, shall be encapsulated in accordance with 6.6.

The rupture of fuses for Level of Protection "ic", is not considered for thermal ignition purposes.

Where fuses are encapsulated, the compound shall not enter the fuse interior. This requirement shall be satisfied by testing samples in accordance with 10.6.2 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. For replaceable fuses 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 5. General industrial standards for the construction of fuses and fuseholders shall be applied and their method of mounting including the connecting wiring shall not reduce the clearances, creepage distances and separations afforded by the fuse and its holder. Where required for intrinsic safety, the distances to other parts of the circuit shall comply with 6.3.

NOTE 1 Microfuses conforming to IEC 60127 series are acceptable.

A fuse shall have a breaking capacity not less than 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 series or ANSI/UL 248-1 and shall be stated by the manufacturer of the fuses.

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 8 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 $1,5 \times (1,7 \times I_n)^2 \times$ maximum resistance of limiting device.

Creepage and clearance distances across the current limiting resistor and its connecting tracks shall be calculated using the voltage of $1,7 \times I_n \times$ maximum resistance of the current limiting resistor. The transient voltage shall not be considered. The separation distances between the resistor and other parts of the circuit shall comply with 6.3.

7.4 Primary and secondary cells and batteries

7.4.1 General

Contrary to the batteries requirements of IEC 60079-0, cells and batteries are permitted to be connected in parallel in intrinsically safe apparatus provided that intrinsic safety is not impaired.

NOTE 1 The parallel battery requirement of batteries of IEC 60079-0 does not apply to cells and batteries in associated apparatus unless they are protected by one of the types of protection listed in IEC 60079-0.

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 shall be confirmed by their manufacturer as being safe for use in any particular intrinsically safe or associated apparatus. The documentation and, if practicable, the marking for the apparatus shall draw attention to the safety precautions to be observed.

NOTE 2 Cells that comply with the requirements of UL1642 or IEC 62133 or other relevant safety standards are considered to meet this requirement.

Where batteries are intended to be replaced by the user, the apparatus shall be marked with a warning label as specified in item a) of 12.3.

NOTE 3 Attention is drawn to the fact that the cell or battery manufacturer often specifies precautions for the safety of personnel.

If the cells or batteries have to be recharged in hazardous areas, the charging circuits shall be fully specified as part of the apparatus. The charging system shall be such that, even when faults in accordance with 5.2, 5.3 or 5.4 are applied to the charging system, the charger voltage and current do not exceed the limits specified by the manufacturer.

NOTE 4 If the charger itself is used in the hazardous area it should also utilise types of protection suitable for the area of use.

7.4.2 Battery construction

The spark ignition capability and surface temperature of cells and batteries used in intrinsically safe apparatus shall be tested or assessed in accordance with 10.5.3. 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) 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 plastic 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 compound specified by the manufacturer of the compound as being suitable for use with the electrolyte concerned and conforming to 6.6.

A declaration of conformance to a) or b) shall be obtained from the manufacturer of the cell or battery. Conformance to c) or d) shall be determined by physical examination of the cell or battery and where necessary its constructional drawings.

NOTE It is not a requirement of this standard that the conformity of the cell or battery manufacturer's specification needs to be verified.

7.4.3 Electrolyte leakage and ventilation

Cells and batteries shall either 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 shall be tested in accordance with 10.5.2, or written confirmation shall be obtained from the cell/battery manufacturer that the product conforms to 10.5.2. If cells and batteries which leak electrolyte are encapsulated in accordance with 6.6, they shall be tested in accordance with 10.5.2 after encapsulation.

Where the apparatus contains cells or batteries that are charged within them, the battery manufacturer shall demonstrate that the concentration of hydrogen in the free volume of the battery container cannot exceed 2 % by volume, or the degassing apertures of all cells shall be so arranged that the escaping gases are not vented into any enclosure of the apparatus containing electrical or electronic components or connections. Alternatively, where the

apparatus meets the requirements for level of protection “ia” or “ib” and Equipment Group IIC, the requirement of degassing apertures or limitation of hydrogen concentration does not apply.

NOTE 1 It is not a requirement of this standard that the conformity of the battery manufacturer's specification of the concentration of hydrogen needs to be verified.

For rechargeable or non-rechargeables cells the pressure above atmospheric inside the battery container shall not exceed 30 kPa (0,3 bar). Battery containers that are sealed shall be tested in accordance with 10.5.4.

NOTE 2 This may be achieved by a vent.

NOTE 3 In “sealed” cells, a higher pressure is permissible, but each cell should then be provided with a pressure relief device or means to limit the pressure to a value that can be contained by the cell, as specified by the manufacturer.

7.4.4 Cell voltages

For the purpose of evaluation and test, the cell voltage shall be that specified in the primary cell table and secondary cells table of IEC 60079-0. When a cell is not listed in these tables, it shall be tested in accordance with 10.4 to determine the maximum open circuit voltage, and the nominal voltage shall be that specified by the cell manufacturer.

7.4.5 Internal resistance of cell or battery

Where required, the internal resistance of a cell or battery shall be determined in accordance with 10.5.3.

7.4.6 Batteries in equipment protected by other types of protection

NOTE 1 This clause refers to equipment that is protected by flameproof (or other technique), but contains a battery and associated circuits that require intrinsic safety protection when the mains supply is removed and the enclosure is opened in the explosive atmosphere.

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

Where a current limiting resistor is used to limit the current that may be withdrawn from the battery, it is to be rated in accordance with 7.1. Current limiting resistors in series with cells or batteries shall be rated at the maximum voltage U_m unless otherwise protected. In this instance protection can be achieved by use of a single Zener diode rated in accordance with 7.1.

NOTE 2 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.

7.4.7 Batteries 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 an explosive 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.

The unit shall be subjected to the drop test of IEC 60079-0 except that the prior impact test shall be omitted. The construction of the unit shall be considered adequate if the test does not result in the ejection or separation of the cells from the unit and/or current-limiting device in such a way as to invalidate the intrinsic safety of the unit.

7.4.8 Batteries 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 explosive atmosphere, it shall either be protected in accordance with 7.4.7 or alternatively it may be housed in a compartment secured with special fasteners, for example those specified in 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 apparatus or apparatus carried on the person, ready for use, such as radio receivers and transceivers shall be subjected to the drop test of IEC 60079-0 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 battery or cells from the apparatus in such a way as to invalidate the intrinsic safety of the apparatus or battery;
- c) the apparatus shall be marked with a warning label as specified in item b) or d) of 12.3.

7.4.9 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) limiting the output in accordance with this standard, or;
- b) for Group II intrinsically safe apparatus, a degree of protection by enclosure of at least IP30 shall be provided for the suitably protected charging circuit and shall be marked with a warning label as specified in item c) of 12.3 (or item b) of the text of warning markings table of IEC 60079-0). The separation distances between the charging contacts shall comply with 6.3 considering the open-circuit voltage of the battery.

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 the apparatus and 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. For example, the inclusion of a single fuse and Zener diode rated in accordance with 7.1 is considered as an adequate means of limiting transients for circuits connected at the Zener diode.

Semiconductors shall be capable of carrying, without open-circuiting, the current which would flow at their place of installation if they failed in the short-circuit mode, multiplied by the appropriate safety factor. 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 for Level of Protection "ia" or "ib", and 1,0 times the maximum possible short-circuit current for Level of Protection "ic";
- 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 for Level of Protection “ia” or “ib”, and 1,0 times the maximum current that would flow if they were short-circuited for Level of Protection “ic”.

For Level of Protection “ia”, the application of controllable semiconductor components as shunt voltage limiting devices, for example transistors, thyristors, voltage/current regulators, etc., may be 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 Level of Protection “ia”, three independent active voltage limitation semiconductor circuits may be used in associated apparatus provided the transient conditions of 7.5.1 are met. These circuits shall also be tested in accordance with 10.1.5.3.

7.5.3 Series current limiters

The use of three series blocking diodes in circuits of Level of Protection “ia” is permitted, however, other semiconductors and controllable semiconductor devices shall be used as series current-limiting devices only in Level of Protection “ib” or “ic” apparatus.

However, for power limitation purposes, Level of Protection “ia” apparatus may use series current limiters consisting of controllable and non-controllable semiconductor devices.

NOTE The use of semiconductors and controllable semiconductor devices as current-limiting devices for spark ignition limitation is not permitted for Level of Protection “ia” apparatus because of their possible 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. The maximum current that may be delivered may have a brief transient but will not be taken as I_o , because the compliance with the spark ignition test of 10.1 would have established the successful limitation of the energy in this transient.

7.6 Failure of components, connections and separations

For Levels of Protection “ia” and “ib”, where a component is rated in accordance with 7.1, its failure shall be a countable fault. For Level of Protection “ic”, where a component is rated in accordance with 7.1, it shall not be considered to fail.

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 8.5)

For thermal assessment, film or wirewound resistors operated up to 100 % of their rated power shall not be considered to fail;

- 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. However, diodes (including LED's and Zener diodes) operated within the requirements of 7.1 shall only be considered for the power they shall dissipate in the forward conducting mode, or Zener mode, if applicable;

- 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;
- when considering the voltage available on the external pins of an integrated circuit that includes voltage converters (for example for voltage increase or voltage inversion in EEPROMS), the internal voltages need not be considered, provided that in normal operation the enhanced voltage is not present at any external pin and no external components like capacitors or inductors are used for the conversion. If the enhanced voltage is available at any external pin, then the enhanced voltage shall be assumed to be present on all external pins of the integrated circuit;

NOTE It is not a requirement of this standard that the manufacturer's specification for the integrated circuit needs to be verified.

- 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 8.8);
- f) clearances, creepage and separation distances shall be taken into account in accordance with 6.3;
- 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 8.6);
- 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 (but see 8.4.2);
- i) open-circuit failure of any wire or printed circuit track, including its connections, shall be considered as a single countable fault (but see 8.8).

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 in accordance with 8.8 and separations in accordance with 6.3 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.

Where infallible connections are not protected by an enclosure with a rating of at least IP20 when exposing connection facilities, the spark test apparatus may be inserted in series with such connections.

Where infallible separations are not encapsulated or covered by a coating in accordance with Clause 6.3 or are not protected by an enclosure with a rating of at least IP20 when exposing connection facilities, the spark test apparatus may be inserted across such separations.

7.7 Piezo-electric devices

Piezo-electric devices shall be tested in accordance with 10.7.

7.8 Electrochemical cells for the detection of gases

Electrochemical cells used for detection of gases shall be considered for their addition to voltages and currents which may affect spark ignition assessment and testing. However, they need not be considered for their addition to the power for thermal ignition assessment of the apparatus.

8 Infallible components, infallible assemblies of components and infallible connections on which intrinsic safety depends

8.1 Level of Protection “ic”

The requirements of 8.2 to 8.9 do not apply to Level of Protection “ic”.

8.2 Mains transformers

8.2.1 General

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 or current shall not be considered.

8.2.2 Protective measures

The input circuit of infallible 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 8.2.3), 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.

NOTE It is not a requirement of this standard that the manufacturer's specification for the fuses, fuseholders, circuit-breakers and thermal devices needs to be verified.

8.2.3 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 5.

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

- solid insulation in accordance with Table 5 between the windings, or
- 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 10.3.

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. For transformers using ferrite cores, there is no requirement for grounding the core, but the ferrite shall be considered as conductive for segregation purposes, unless adequate information is available to prove that the core material is insulating.

Windings supplying separate intrinsically safe circuits shall be separated from each other and all other windings in accordance to Table 5.

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

NOTE Use of impregnation to consolidate the windings may not meet the requirements for separation.

8.2.4 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.

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 5, 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.

Transformers shall be tested in accordance with 10.10.

8.2.5 Routine test of mains transformers

Each mains transformer shall be tested in accordance with 11.2.

8.3 Transformers other than mains transformers

The infallibility and failure modes of these transformers shall conform to 8.2.

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 8.2 except that they shall be tested at the load that gives maximum power dissipation in the transformer without open circuiting the windings, to ensure that the insulation is rated correctly. 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 8.2.4. However, the routine test in accordance with 11.2 shall use a reduced voltage between the input and output windings of $2 U + 1\,000\text{ V r.m.s.}$ or $1\,500\text{ V}$, whichever is the greater, U being the highest rated voltage of any winding under test.

If such transformers are connected on both sides to intrinsically safe circuits, then a reduced voltage of 500 V between the primary winding and the secondary winding shall be applied for a routine test, as given in 11.2

When such transformers are connected to non-intrinsically safe circuits derived from mains voltages, then either protective measures in accordance with 8.2.2 or a fuse and Zener diode shall be included at the supply connection in accordance with 8.9 so that unspecified power shall not impair the infallibility of the transformer creepage distances and clearances. The rated input voltage of 8.2.4 shall be that of the Zener diode.

When such transformers are connected to intrinsically safe circuits and a fuse is not present, then each winding shall be subjected to the maximum current that can flow under the faults specified in Clause 5.

8.4 Infallible windings

8.4.1 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.

8.4.2 Inductors made by insulated conductors

Inductors made from insulated conductors shall not be considered to fail to a lower resistance or higher inductance than their rated values (taking into account the tolerances) if they comply with the following:

- the nominal conductor diameter of wires used for inductor wiring shall be at least $0,05\text{ mm}$;
- the conductor shall be covered with at least two layers of insulation, or a single layer of solid insulation of thickness greater than $0,5\text{ mm}$ between adjacent conductors, or be made of enamelled round wire in accordance with:

- a) grade 1 of IEC 60317-3, IEC 60317-7, IEC 60317-8 or IEC 60317-13.

There shall be no failure with the minimum values of breakdown voltage listed for grade 2 and when tested in accordance with Clause 14 of IEC 60317-3, IEC 60317-7 IEC 60317-8 or IEC 60317-13, there shall be no more than six faults per 30 m of wire irrespective of diameter, or

- b) grade 2 of IEC 60317-3, IEC 60317-7, IEC 60317-8 or IEC 60317-13.

The manufacturer shall provide evidence of conformance with the above requirements.

NOTE It is not a requirement of this standard that the conformity of the manufacturer's specification of the insulation to Grade 1 or Grade 2 needs to be verified.

- windings after having been fastened or wrapped shall be dried to remove moisture before impregnation with a suitable substance by dipping, trickling or vacuum impregnation. Coating by painting or spraying is not recognized as impregnation;

- the impregnation shall be carried out in compliance with the specific instructions of the manufacturer of the relevant type of impregnating substance and in such a way that the spaces between the conductors are filled as completely as possible and that good cohesion between the conductors is achieved;
- if impregnating substances containing solvents are used, the impregnation and drying process shall be carried out at least twice.

8.5 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 6.3.9 or encapsulated in accordance with 6.6.

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 5 at its manufacturer's voltage rating.

Cold resistance (at the minimum ambient temperature) of fuses and filaments of the bulbs may be considered as infallible current limiting resistors where they are used within their normal operating conditions. The filament of the bulb is only permitted to be assessed as current limiting component for hand lights and cap lights. In the absence of available information, this may be taken as the minimum resistance at the minimum ambient temperature when measured as required in 10.4.

NOTE The bulb needs to be protected by a type of protection other than intrinsic safety.

8.6 Capacitors

8.6.1 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 each capacitor and of the assembly shall comply with 6.3 but these separation requirements shall not be applied to the interior of the blocking capacitors.

The insulation of each capacitor shall conform to the dielectric strength requirements of 6.3.13 applied between its electrodes and also between each electrode and external conducting parts. Where blocking capacitors are used between intrinsically safe circuits and non-intrinsically safe circuits, the blocking capacitors shall be assessed as a capacitive coupling between these circuits. The energy transmitted shall be calculated using U_m and the most onerous value of either capacitor and shall be in accordance with the permissible ignition energy of 10.7. All possible transients shall be taken into account, and the effect of the highest nominal operating frequency (as that supplied by the manufacturer) in that part of the circuit shall be considered.

Where such an assembly also conforms to 8.9, it shall be considered as providing infallible galvanic isolation for direct current.

8.6.2 Filter capacitors

Capacitors connected between the frame of the apparatus and an intrinsically safe circuit shall conform to 6.3.13. Where their failure by-passes a component on which the intrinsic safety of the circuit depends, they shall also maintain infallible separation or conform to the requirements for blocking capacitors in 8.6.1. A capacitor meeting the infallible separation requirements of 6.3, both externally and internally shall be considered to provide infallible separation and only one is required.

NOTE The normal purpose of capacitors connected between the frame and the circuit is the rejection of high frequencies for example feed through capacitors.

8.7 Shunt safety assemblies

8.7.1 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. In Level of Protection “ia” shunt safety assemblies, only the failure of one diode shall be taken into account in the application of Clause 5. Diodes shall be rated to carry the current which would flow at their place of installation if they failed in the short-circuit mode.

NOTE 1 To prevent spark ignition when a connection breaks, encapsulation in accordance with 6.3.5 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 10.8 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 9.1.2.

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

- a) the shunt safety assembly shall not be considered to fail 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) circuits using shunt thyristors shall be tested in accordance with 10.1.5.3.

8.7.2 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 circuit 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 8.7.1, 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.

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

8.7.3 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 when they are connected to power supplies defined only by U_m in accordance with 8.7.1, except when the assembly is fed from one of the following:

- a) an infallible transformer in accordance with 8.2;
- 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 8.7.

8.8 Wiring, printed circuit board tracks, and connections

Wiring, printed circuit board tracks, 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 circuit board tracks:

- 1) where two tracks of at least 1 mm width 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.

In both the above cases, the printed circuit board track shall comply with either of the following:

- each track is formed from copper cladding having a nominal thickness of not less than 33 µm; or
- the current carrying capacity of a single track or a combination of tracks is tested in accordance with 10.12;
- 3) where tracks on different layers are connected by either a single via of at least 2 mm circumference or two parallel vias of at least 1 mm circumference, and these vias are joined to each other in accordance with 8.8b) 1) or 8.8b) 2).

The vias shall comply with either of the following:

- not less than 33 µm plating thickness; or
- the current carrying capacity of a single via is tested in accordance with 10.12;

- c) for connections (excluding external 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 soldered or has a crimped connection or is brazed or welded; or
- 3) where there is a soldered joint of a surface mount component mounted in accordance with the component manufacturer's recommendations; or
- 4) where there is a single connection which conforms to IEC 60079-7; or
- 5) where there is an internal connector within the enclosure, and the connection is comprised of at least three independent connecting elements for "ia" and at least two for "ib", with these elements connected in parallel (see Figure 5). Where the connector may be removed at an angle, one connection element shall be present at, or near to, each end of the connector.

NOTE When the connector is completely disconnected, the circuits should remain intrinsically safe.

8.9 Galvanically separating components

8.9.1 General

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.

8.9.2 Isolating components between intrinsically safe and non-intrinsically safe circuits

Isolating components shall comply with the following.

- a) The requirements of Table 5 shall also apply to the isolating element except that for inside sealed devices, e.g. opto-couplers, column 5, 6 and 7 shall not apply. If Table F.1 is applied, column 2 shall not apply.
- b) The non-intrinsically safe circuit connections shall be provided with protection to ensure that the ratings of the devices in accordance with 7.1 are not exceeded. For example, the inclusion of a single shunt Zener diode protected by a suitably rated fuse according to 7.3, or a thermal device, shall be considered as sufficient protection. For this purpose Table 5 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 for the construction of fuses and fuseholders shall be applied and their method of mounting including the connecting wiring shall not reduce the clearances, creepage distances and separations afforded by the fuse and its holder. In some applications the intrinsically safe circuit connections may require the application of similar protective techniques to avoid exceeding the rating of the isolating component. Alternatively optical isolators shall comply with the test requirements of 10.11.

NOTE 1 The test in 10.11 is only intended to apply to devices that are close-coupled single packaged devices.

- c) The components shall comply with the dielectric strength requirements in accordance with 6.3.13 between the non-intrinsically safe circuit terminals and the intrinsically safe terminals. The manufacturer's insulation test voltage for the infallible separation of the component shall be not less than the test voltage required by 6.3.13.

Galvanically separating relays shall conform to 6.3.14 and any winding shall be capable of dissipating the maximum power to which it is connected.

NOTE 2 Derating of the relay winding in accordance with 7.1 is not required.

8.9.3 Isolating components between separate intrinsically safe circuits

Isolating components shall be considered to provide infallible separation of separate intrinsically safe circuits if the following conditions are satisfied:

- a) the rating of the device shall be according to 7.1 (with the exceptions given in that clause still being applicable) unless it can be shown that the circuits connected to these terminals cannot invalidate the infallible separation of the devices. Protective techniques (such as those indicated in 8.9.2) may be necessary to avoid exceeding the rating of the isolating component;
- b) the device shall comply with the dielectric strength requirements in accordance with 6.3.13. The manufacturer's insulation test voltage for the infallible separation of the component under test shall be not less than the test voltage required by 6.3.13.

9 Supplementary requirements for specific apparatus

9.1 Diode safety barriers

9.1.1 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 10.8.

Safety barriers containing only two diodes or diode chains and used for Level of Protection "ia" shall be acceptable as infallible assemblies in accordance with 8.7, provided the diodes have been subjected to the routine tests specified in 11.1.2. In this case, the failure of only one diode shall be taken into account in the application of Clause 5.

In Level of Protection "ic" safety barriers, the minimum requirement is a single diode and a current limiting resistor if operated within the requirements of 7.1.

9.1.2 Construction

9.1.2.1 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.

9.1.2.2 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.

9.1.2.3 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 6.6 or by an enclosure which forms a non-recoverable unit. The entire assembly shall form a single entity.

9.2 FISCO apparatus

Apparatus that has been constructed in accordance with Annex G and is intended to be used within a FISCO system, shall be additionally marked as 'FISCO' followed by an indication of its function, i.e. power supply, field device or terminator. (See Clause 12).

9.3 Handlights and caplights

Caplights for Group I shall comply with IEC 60079-35-1.

Handlights and caplights for Groups II and III shall comply with the requirements of this standard.

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 level of protection 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. 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 $\pm 1\%$ 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.

10.1.2 Spark test apparatus

The spark test apparatus shall be that described in Annex B except where Annex B indicates that it may not be 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 test and assessment documentation.

For Level of Protection “ia” and “ib”, 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 6.1.2.2. or 6.1.2.3.

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 5 or Annex F,
- within associated apparatus other than at its intrinsically safe circuit terminals,
- between terminals of separate circuits conforming to 6.2.1, apart from the exceptions described in 7.6i).

For Level of Protection “ic”, the spark test apparatus shall be considered for the following situations:

- at connection facilities,
- across separations less than the values specified in Table 5 or Annex F;
- in place of normally sparking contacts such as plugs/sockets, switches, pushbuttons, potentiometers;
- in place of components that are not suitably rated under normal operating conditions.

10.1.3 Test gas mixtures and spark test apparatus calibration current

10.1.3.1 Explosive test mixtures suitable for tests with a safety factor of 1,0 and calibration current of the spark test apparatus

The explosive test mixtures as given in Table 7 shall be used, according to the stated Equipment Group which is being tested. The explosive mixtures specified in this clause do not contain a safety factor. If a safety factor of 1,5 is required, the electrical values of the circuit shall be increased according to 10.1.4.2 a).

The sensitivity of the spark test apparatus shall be checked before each test series is carried out in accordance with 10.1.5. For this purpose, the test apparatus shall be operated in a 24 V d.c. circuit containing a 95 (± 5) mH air-cored coil. The current in this circuit shall be set at the value given in Table 7 for the appropriate group. The sensitivity shall be considered to be satisfactory if an ignition of the explosive test mixture occurs within 440 revolutions of the wire holder with the wire holder at positive polarity.

Table 7 – Compositions of explosive test mixtures adequate for 1,0 safety factor

Group	Compositions of explosive test mixtures Vol. % in air	Current in the calibration circuit mA
I	(8,3 $\pm$ 0,3) % methane	110 to 111
IIA	(5,25 $\pm$ 0,25) % propane	100 to 101
IIB	(7,8 $\pm$ 0,5) % ethylene	65 to 66
IIC	(21 $\pm$ 2) % hydrogen	30 to 30,5

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.

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.

10.1.3.2 Explosive test mixtures suitable for tests with a safety factor of 1,5 and calibration current of the spark test apparatus

The preferred test mixtures are those specified in 10.1.3.1 with a safety factor applied by an increase of voltage or current as applicable. Where this is not practical and a more severe test mixture is used to achieve a factor of safety, a safety factor of 1,5 is considered as having been applied for the purpose of this standard when the composition shall be as given in Table 8.

Table 8 – Compositions of explosive test mixtures adequate for 1,5 safety factor

Group	Compositions of explosive test mixtures Volume %					Current in the calibration circuit mA
	Oxygen-hydrogen-air mixture			Oxygen-hydrogen mixture		
	Hydrogen	Air	Oxygen	Hydrogen	Oxygen	
I	52 ± 0,5	48 ± 0,5	–	85 ± 0,5	15 ± 0,5	73 to 74
IIA	48 ± 0,5	52 ± 0,5	–	81 ± 0,5	19 ± 0,5	66 to 67
IIB	38 ± 0,5	62 ± 0,5	–	75 ± 0,5	25 ± 0,5	43 to 44
IIC	30 ± 0,5	53 ± 0,5	17 ± 0,5	60 ± 0,5	40 ± 0,5	20 to 21

10.1.4 Tests with the spark test apparatus

10.1.4.1 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 between 0 and 110 % of 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 level of protection of apparatus in accordance with Clause 5, and with the maximum values of the external capacitance (C_o) and inductance (L_o) or inductance to resistance ratio (L_o/R_o) 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 10.1.3, the ignition test on the circuit under investigation shall be considered invalid.

NOTE Bent and frayed tungsten wires of the spark test apparatus can change its sensitivity. This may cause invalid test results.

10.1.4.2 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.

Where a safety factor of 1,5 is required it 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.

Where a safety factor of 1,0 is required the test mixture specified in Table 7 shall be used.

10.1.5 Testing considerations

10.1.5.1 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.

Non-linear power supplies require special consideration. See Annex H for information on an alternative method for the ignition testing of semiconductor limiting power supply circuits.

10.1.5.2 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. Where the total inductance, or capacitance assessed against the requirements of Clause 5, is less than 1 % of the value allowable by using the ignition curves or tables given in Annex A, then the maximum allowable capacitance, or inductance, respectively, may be taken as that allowed by the curves or tables.

The circuit shall be assessed for compliance with either of the following methods:

- a) tested with the combination of capacitance and inductance, or
- b) where linear (resistive current limiting) circuits are being considered
 - 1) the values of L_o and C_o determined by the ignition curves and table given in Annex A are allowed for;
 - distributed inductance and capacitance e.g. as in a cable or,
 - if the total L_i of the external circuit (excluding the cable) is $< 1\%$ of the L_o value or,
 - if the total C_i of the external circuit (excluding the cable) is $< 1\%$ of the C_o value.
 - 2) the values of L_o and C_o determined by the ignition curves and table given in Annex A shall be reduced to 50 % if both of the following conditions are met;
 - the total L_i of the external circuit (excluding the cable) $\geq 1\%$ of the L_o value and
 - the total C_i of the external circuit (excluding the cable) $\geq 1\%$ of the C_o value.

The reduced capacitance of the external circuit (including cable) shall not be greater than 1 μF for Groups I, IIA, and IIB and 600 nF for Group IIC.

The values of L_o and C_o determined by this method shall not be exceeded by the sum of all of the L_i plus cable inductances in the circuit and the sum of all of C_i plus cable capacitances respectively.

10.1.5.3 Circuits using shunt short-circuit (crowbar) protection

After the output voltage has stabilized, the circuit shall be incapable of causing ignition for the appropriate level of protection 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 μ J
– Group IIB and Group III apparatus	80 μ J
– Group IIA apparatus	160 μ J
– Group I apparatus	260 μ J

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.

NOTE A method of performing this test is available in Annex E.

10.1.5.4 Results of spark tests

No ignition shall occur in any test series at any of the chosen test points.

10.2 Temperature tests

All temperature data shall be referred to a reference ambient temperature of 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.

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.

10.3 Dielectric strength tests

Dielectric strength 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. The current flowing during the test shall not exceed 5 mA r.m.s. at any time.

10.4 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, 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.

10.5 Tests for cells and batteries

10.5.1 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.

10.5.2 Electrolyte leakage test for cells and batteries

Ten test samples shall be subjected to the most onerous of the following:

- a) short circuit until discharged (not applicable for Level of Protection 'ic');
- 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.

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 for a period of at least 12 h after the application of the above tests. There shall be no visible sign of electrolyte on the blotting paper or on the external surfaces of the test samples. Where encapsulation has been applied to achieve conformance to 7.4.2, examination of the cell at the end of the test shall show no damage which would invalidate conformance with 7.4.2.

10.5.3 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 batteries 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 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 circuit between this device and the cell or battery is encapsulated according to 6.6. The test or assessment shall then include the current-limiting device.

Where the apparatus contains cells that shall not be changed in the explosive atmosphere, the spark ignition discharge at the terminals of a single cell does not require to be tested, provided that the single cell delivers a peak open-circuit voltage of less than 4,5 V.

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 specified. Alternatively, if the cell/battery manufacturer is unable to confirm the minimum value of internal resistance, 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 7.4.4 of the cell/battery shall be used to determine the internal resistance.

NOTE 1 Some cell types, for example nickel cadmium, may exhibit a maximum short-circuit current at temperatures lower than normal ambient.

- b) Cells shall be tested at any temperature between laboratory ambient and the specified maximum ambient that gives the most onerous conditions and the values obtained shall be used directly in the temperature class assessment. The cells shall be arranged in a way as to simulate the thermal effects of their intended position in the complete apparatus. The temperature shall be determined on the hottest surface of the cell that may be exposed to the explosive atmosphere and the maximum figure taken. If an external sheath is fitted then the temperature shall be measured at the interface of the sheath and the metal surface of the cell or battery.

The maximum surface temperature shall be determined as follows:

For 'ia' and 'ib' all current-limiting devices external to the cell or battery shall be short-circuited for the test. 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. If the internal current limiting devices protect against internal shorts then these devices need not be removed. However, such devices shall only be considered for Level of Protection 'ib'.

NOTE 2 If leakage of electrolyte occurs during this test, then the requirements of 7.4.3 should also be considered.

NOTE 3 While determining the maximum surface temperature of a battery comprising more than one cell in series connection, provided that the cells are adequately segregated from each other, only one cell should be shorted at one time to determine this maximum surface temperature. (This is based on the extreme unlikelihood of more than one cell shorting at one time.)

- c) For 'ic' the maximum surface temperature shall be determined by testing in normal operating conditions with all protection devices in place.

10.5.4 Battery container pressure tests

Five samples of the battery container shall be subjected to a pressure test to determine the venting pressure. Pressure shall be applied to the inside of the container. The pressure is to be gradually increased until venting occurs. The maximum venting pressure shall be recorded and shall not exceed 30 kPa.

The maximum recorded venting pressure shall be applied to a sample of the battery container for a period of at least 60 s. After testing the sample shall be subjected to a visual inspection. There shall be no visible damage or permanent deformation.

If separation distances within the battery container are based on Table 5, then the pressure test need not be carried out on a sample that has been submitted to the thermal endurance tests of IEC 60079-0. If separation distance on an assembled printed circuit board within the battery container is based on Annex F then the pressure test shall be carried out on a sample that has been submitted to the thermal endurance tests and additionally, if portable apparatus, the drop test of IEC 60079-0.

10.6 Mechanical tests

10.6.1 Casting compound

A force of 30 N shall be applied perpendicular to the exposed surface of 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 and forms part of the enclosure, in order to ensure that the compound is rigid but not brittle, the impact tests shall be carried out on the surface of the casting compound in accordance with IEC 60079-0 using the drop height h in row a) of the tests for resistance to impact table of IEC 60079-0.

10.6.2 Determination of the acceptability of fuses requiring encapsulation

Where fuses are required to be encapsulated, and the encapsulation could enter the interior of the fuse and affect safety, the following test is to be performed on five samples of each fuse before encapsulation is applied.

With the test samples at an initial temperature of $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$, they shall be immersed suddenly in water at a temperature of $(50 \pm 2) ^\circ\text{C}$ to a depth of not less than 25 mm for at least 1 min. The devices are considered to be satisfactory if no bubbles emerge from the sample during this test.

Alternatively, a test can be applied where five samples of the fuse are examined after the encapsulation to ensure that the compound has not entered the interior.

10.6.3 Partitions

Partitions shall withstand a minimum force of 30 N applied by a (6 ± 0.2) 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.

10.7 Tests for intrinsically safe apparatus containing piezoelectric devices

Measure both the capacitance of the device and also the voltage appearing across it when any part of the intrinsically safe apparatus which is accessible in service is impact tested in accordance with the "high" column of Tests for resistance to impact table in IEC 60079-0

carried out at $(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$ using the test apparatus in IEC 60079-0. For the value of voltage, the higher figure of the two tests on the same sample shall be used.

When the intrinsically safe 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 intrinsically safe 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 μJ |
| – for Group IIA apparatus: | 950 μJ |
| – for Group IIB apparatus: | 250 μJ |
| – for Group IIC apparatus: | 50 μJ |

Where the electrical output of the piezoelectric device is limited by protective components or guards, these components or guards 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 intrinsically safe 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 certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the Marking requirements of IEC 60079-0 and the specific conditions of use listed on the certificate shall detail the installation requirements.

10.8 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 the minimum ambient temperature) 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 μs 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 the minimum ambient temperature (plus any infallible series resistance which is in circuit). Where the manufacturer's data shows a pre-arcing time greater than 50 μs at this current, the pulse width shall 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 μs , shall be used.

The diode voltage shall be measured at the same current before and after this test. The test current shall be typically that specified by the component manufacturer. 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 manufacturer, it is necessary to test only a representative sample of a particular voltage to demonstrate the acceptability of the generic range.

10.9 Cable pull test

The cable pull 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.

10.10 Transformer tests

The requirement for safe electrical isolation is satisfied if the transformer passes the routine test, the type test described below and subsequently withstands a test voltage (see 10.3) of $2U + 1\,000\text{ V}$ or $1\,500\text{ V}$, whichever is the greater, between any winding(s) used to supply intrinsically safe circuits and all other windings, U being the highest rated voltage of any winding under test.

The input voltage is set to the rated voltage of the transformer. The input current shall be adjusted up to $1,7 I_n$ of the fuse or to the maximum continuous current which the circuit-breaker will carry without operating by increasing the load on the secondary windings. Where the increase of load is limited by reaching a short circuit on all secondary windings, the test shall proceed using the rated input voltage and the maximum input current reached under these conditions.

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 10.2.

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.

10.11 Optical isolators tests

10.11.1 General

The following tests shall be performed if optical isolators are used to provide isolation between intrinsically safe circuits and non-intrinsically safe circuits and are not adequately protected against overload by external protection components (see 8.9.2).

The samples shall successfully comply with both the tests specified in 10.11.2 and 10.11.3.

10.11.2 Thermal conditioning, dielectric and carbonisation test

The maximum temperature measured at the receiver side and at the transmitter side shall be determined by overloading the devices. These shall then be subjected to thermal conditioning and dielectric strength tests. A carbonisation test shall then be conducted to check for formation of internal creepage paths.

10.11.2.1 Overload test at the receiver side

This test shall be conducted on five samples.

The transmitter side of the optical isolator shall be operated with the rated load values (e.g. $I_f = I_N$).

The receiver side shall be operated with a specific power (e.g. between collector and emitter), which shall not damage the components. This value shall be determined either by preliminary tests or taken from the data sheet.

After thermal equilibrium has been reached, the power shall be increased. After thermal equilibrium has been reached again, the power shall be increased further in steps, until thermal equilibrium, and so on, until the receiver semiconductor is damaged. This will terminate or drastically reduce the power dissipation.

The maximum surface temperature of the receiver side just before the damage of the receiver shall be recorded for each sample together with the ambient temperature.

10.11.2.2 Overload test at the transmitter side

This test shall be conducted on five samples.

The receiver side of the optical isolator is operated at the rated values of voltage and current (e.g. V_{C-E} , I_C).

The transmitter side shall be operated with a specific power, which shall not damage the components. This value shall either be determined by preliminary tests or taken from the data sheet.

After thermal equilibrium has been reached, the power shall be increased. After thermal equilibrium has been reached again, the power shall be increased further in steps, until thermal equilibrium, and so on, until the transmitter semiconductor is damaged. This will terminate or drastically reduce the power dissipation.

The maximum surface temperature of the transmitter side just before the damage of the transmitter shall be recorded for each sample together with the ambient temperature.

10.11.2.3 Thermal conditioning and dielectric strength test

All 10 samples used in 10.11.2.1 and 10.11.2.2 shall be placed in an oven for $6^{+0}_{-0.2}$ h at the maximum surface temperature recorded from 10.11.2.1 or 10.11.2.2 increased by at least 10 K but at most 15 K.

After the optical isolators have cooled down to (25 ± 2) °C they shall be subjected to dielectric strength test with a voltage of 1,5 kV (a.c. 48 Hz to 62 Hz) applied between intrinsically safe and non-intrinsically safe terminals and within 10 s increased to $3^{+0}_{+5\%}$ kV. This voltage shall be applied for (65 ± 5) s.

During this test, there shall be no breakdown of the insulation between the receiver and the transmitter and the leakage current shall not exceed 5 mA.

10.11.2.4 Carbonisation test

10.11.2.4.1 Receiver side

Using the five samples of 10.11.2.1, a d.c. voltage of $375^{+0}_{+10\%}$ V shall be applied for 30^{+0}_{+1} min across the terminals (e.g. collector and emitter) of the failed receiver semiconductor, to test the formation of an internal creepage path caused by the heated plastic material (carbonisation).

During the last 5 min of this test, the current shall not exceed 5 mA.

10.11.2.4.2 Transmitter side

Using the five samples of 10.11.2.2, a d.c. voltage of $375^{+10\%}_0$ V shall be applied for 30^{+1}_0 min across the terminals of the failed transmitter (e.g. diode), to test the formation of an internal creepage path caused by the heated plastic material (carbonisation).

During the last 5 min of this test the current shall not exceed 5 mA.

10.11.3 Dielectric and short-circuit test

10.11.3.1 General

Optical isolators shall be subjected to a dielectric strength test, followed by a short-circuit current test and if applicable to the current limited short-circuit current test described below, followed by a dielectric strength test.

10.11.3.2 Pre-test dielectric

Three new samples shall be used for this test, with an additional three samples if 10.11.3.4 applies.

Prior to the short-circuit current tests, the samples of the optical isolator shall be capable of withstanding without breakdown a dielectric strength test of $4^{+5\%}_0$ kV rms applied between the intrinsically safe side and the non-intrinsically safe side of the optical isolator.

10.11.3.3 Short-circuit current test

Three samples of the optical isolator shall be subjected to a short-circuit current test. The open circuit voltage of the test circuit shall be U_m . The available instantaneous short-circuit current capacity of the test circuit shall be at least 200 A. The test circuit shall be connected to the optical isolator so that the test current flows through the non-intrinsically safe side of the optical isolator. Protective components or assemblies that form part of the circuit are permitted to remain connected for the test.

10.11.3.4 Current limited short-circuit current test

Where optical isolators have protective series fuses or current-limiting resistors, three additional samples of the optical isolator shall be subjected to 1,7 times the nominal current rating of the fuse or 1,5 times the calculated short-circuit current through the resistor under fault conditions, until temperatures reach equilibrium.

10.11.3.5 Dielectric strength test

Each sample shall withstand without breakdown a dielectric strength test of $2 U + 1\ 000$ V or 1 500 V rms, whichever is greater, applied between the intrinsically safe side and the non-intrinsically safe side of the optical isolator for (65 ± 5) s.

During these tests the optical isolators shall not explode or catch fire throughout the short-circuit current tests, and the current shall not exceed 1 mA during the dielectric strength tests.

10.12 Current carrying capacity of infallible printed circuit board connections

The current carrying capacity of the connection shall be tested for at least 1 h with a current of 1,5 times the maximum continuous current which can flow in the connection under normal and fault condition. The application of this test current should not cause the connection to fail to open-circuit or to be separated from its substrate at any point.

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 10.8.

11.2 Routine tests for infallible transformers

For routine tests, the voltages applied to infallible transformers shall conform to the values given in Table 10, where U is the highest rated voltage of any winding under test. The test voltage shall be applied for a period of at least 60 s.

Alternatively, the test may be carried out at 1,2 times the test voltage, but with reduced duration of at least 1 s.

The applied voltage shall remain constant during the test. 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.

During these tests, there shall be no breakdown of the insulation between windings or between any winding and the core or the screen.

Table 10 – Routine test voltages for infallible transformers

Where applied	RMS test voltage		
	Mains transformer	Non-mains transformer	Transformers with both primary and secondary windings in an intrinsically safe circuit
Between input and output windings	$4 U$ or 2 500 V, whichever is the greater	$2 U + 1\,000$ V or 1 500 V, whichever is the greater	500 V
Between all the windings and the core or screen	$2 U$ or 1 000 V, whichever is the greater	$2 U$ or 500 V, whichever is the greater	500 V
Between each winding which supplies an intrinsically safe circuit and any other output winding	$2 U + 1\,000$ V or 1 500 V, whichever is the greater	$2 U$ or 500 V, whichever is the greater	500 V
Between each intrinsically safe circuit winding	$2 U$ or 500 V, whichever is the greater	$2 U$ or 500 V, whichever is the greater	500 V

12 Marking

12.1 General

Intrinsically safe apparatus and associated apparatus shall carry at least the minimum marking specified in IEC 60079-0. The text of the warning markings, when applicable, shall be derived from the text of warning marking table of IEC 60079-0.

Apparatus meeting the requirements of 5.4 shall be marked with the symbol “ic”. Where it is necessary to include marking from one of the other methods of protection listed in IEC 60079-0, the symbol “ic” shall occur first.

For associated apparatus the symbol Ex ia, Ex ib or Ex ic (or ia or ib or ic, if Ex is already marked) shall be enclosed in square brackets.

NOTE 1 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 of this standard and in IEC 60079-0.

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 .

In the case of apparatus meeting the requirements of 6.1.1.3 a), the IP rating shall be marked.

In the case of apparatus meeting the requirements of 6.1.1.3 c), the certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the specific conditions of use listed on the certificate shall detail the requirements.

In the case of apparatus not meeting the requirements of 6.3.13, the certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the specific conditions of use listed on the certificate shall detail the requirements.

Where it is necessary to protect the apparatus from external physical impact in order to prevent the impact energy of 10.7 exceeding the specified values, details of the requirements shall be specified as special conditions for safe use and the certificate number shall include the “X” suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the specific conditions of use listed on the certificate shall detail the requirement.

For apparatus complying with the requirements of Annex G, each piece of apparatus shall additionally be marked with the word “FISCO” followed by an indication of its function, i.e. power supply, field device or terminator.

Where apparatus is dual marked so that it can be used in both a FISCO system and a conventional intrinsically safe system, care shall be taken to differentiate between the FISCO marking and the marking for the conventional intrinsically safe system.

In the case of FISCO power supplies, output parameters U_o , I_o , C_o , L_o , P_o and L_o/R_o and FISCO field devices or terminators, input and internal parameters U_i , I_i , C_i , L_i , P_i and L_i/R_i need not be marked.

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 for the intrinsically safe connections.

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.

12.3 Warning markings

Where any of the following warning markings are required on the apparatus, the text as described in Table 11, following the word “WARNING,” may be replaced by technically equivalent text. Multiple warnings may be combined into one equivalent warning.

Table 11 – Text of warning markings

Item	Reference	WARNING Marking
a)	7.4.1	WARNING – USE ONLY YYYYY BATTERIES (where Y is the cell manufacturers name and the type number of the cell or battery).
b)	7.4.8	WARNING – DO NOT REPLACE BATTERY WHEN AN EXPLOSIVE ATMOSPHERE IS PRESENT
c)	7.4.9	WARNING – DO NOT CHARGE THE BATTERY IN HAZARDOUS LOCATION
d)	7.4.8	WARNING – DO NOT OPEN WHEN AN EXPLOSIVE ATMOSPHERE IS PRESENT

12.4 Examples of marking

The following are examples of marking.

a) Self-contained intrinsically safe apparatus

C TOME LTD
PAGING RECEIVER TYPE 3
Ex ia IIC T4
 $-25\text{ °C} \leq T_a \leq +50\text{ °C}$
IECEx ExCB 04.****
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: Ex05****
 $L_i: 10\text{ }\mu\text{H}$ $C_i: 1\text{ }200\text{ pF}$
 $U_i: 28\text{ V}$ $I_i: 250\text{ mA}$
 $P_i: 1,3\text{ W}$

c) Associated apparatus

J SCHMIDT A.G.	
STROMVERSORGUNG TYP 4	
[Ex ib] I	
ACB No: Ex05****	
U_m : 250 V	P_0 : 0,9 W
I_0 : 150 mA	U_0 : 24 V
L_0 : 20 mH	C_0 : 4,6 μ F

d) Associated apparatus protected by a flameproof enclosure

PIZZA ELECT. SpA	
Ex d [ia] IIB T6	
ACB No: Ex05****	
U_m : 250 V	P_0 : 0,9 W
U_0 : 36 V	I_0 : 100 mA
C_0 : 0,31 μ F	L_0 : 15 mH
Serial No. XXXX	

e) Intrinsically safe apparatus Level of Protection “ic”

M HULOT	
TRANSDUCTEUR TYPE 12A	
Ex ic IIB T4	
ACB No: Ex05****	
U_i : 28 V	$C_i = 0$

f) Intrinsically safe apparatus Level of Protection ‘ib’ with ‘ia’ outputs

PRAHA ELECT	
Ex ib [ia IIC] IIB T6	
ACB No: Ex09****	
U_i : 30 V	U_0 : 5.6V
I_i : 93 mA	P_0 : 0.014 W
L_i : 0.01 mH	I_0 : 10 mA
C_i : 0.031 μ F	L_0 : 0.15 mH
Serial No. XXXX	C_0 : 35 μ F

where ACB represents the initials of the certifying body, as applicable.

13 Documentation

The documentation shall include the instructions required by the instructions requirements of IEC 60079-0, and shall include the following information as applicable:

- a) electrical parameters for the entity concept:
 - 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, live maintenance and use;

NOTE A control drawing is a recommended form of consolidating connection information and 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 6.3.13;
- f) the designation of the surfaces of any enclosure only in circumstances where this is relevant to intrinsic safety;
- g) the environmental conditions for which the apparatus is suitable;
- h) If Annex F has been applied, the documentation shall state the ambient pollution degree and overvoltage category.

Annex A (normative)

Assessment of intrinsically safe circuits

A.1 Basic criteria

An intrinsically safe circuit shall satisfy three basic criteria:

- a) no spark ignition shall result when the circuit is tested, or assessed as required by Clause 10 for the specified level of protection (see Clause 5) and grouping (see Clause 4) of electrical apparatus;
- b) the temperature classification of intrinsically safe apparatus shall be carried out in accordance with 5.6 and the temperatures requirements of IEC 60079-0 so as to ensure that ignition is not caused by hot surfaces. Temperature classification shall not apply to associated apparatus;
- c) the circuit shall be adequately separated from other circuits.

NOTE 1 Criterion a) 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.

NOTE 2 Criterion b) may be satisfied by estimating the maximum surface temperatures of components from 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 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.

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 10.1.4.2 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 10.1.4.2) as well as on the level of protection 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 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 8.5), 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 7.4.4. 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 10.1.4.2 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 10.1.4.2 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 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 μF 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 b) 1).
- ii) Application of the requirements of Clause 5 and 10.1.4.2 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 μF and at 30 V only 7,2 μF , 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 μF capacitor. Reference to Figure A.2 shows that the minimum igniting voltage for 10 μF 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 μF were to be maintained. Alternatively, the capacitance value could be reduced to 3 μF , 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.

NOTE 4 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).

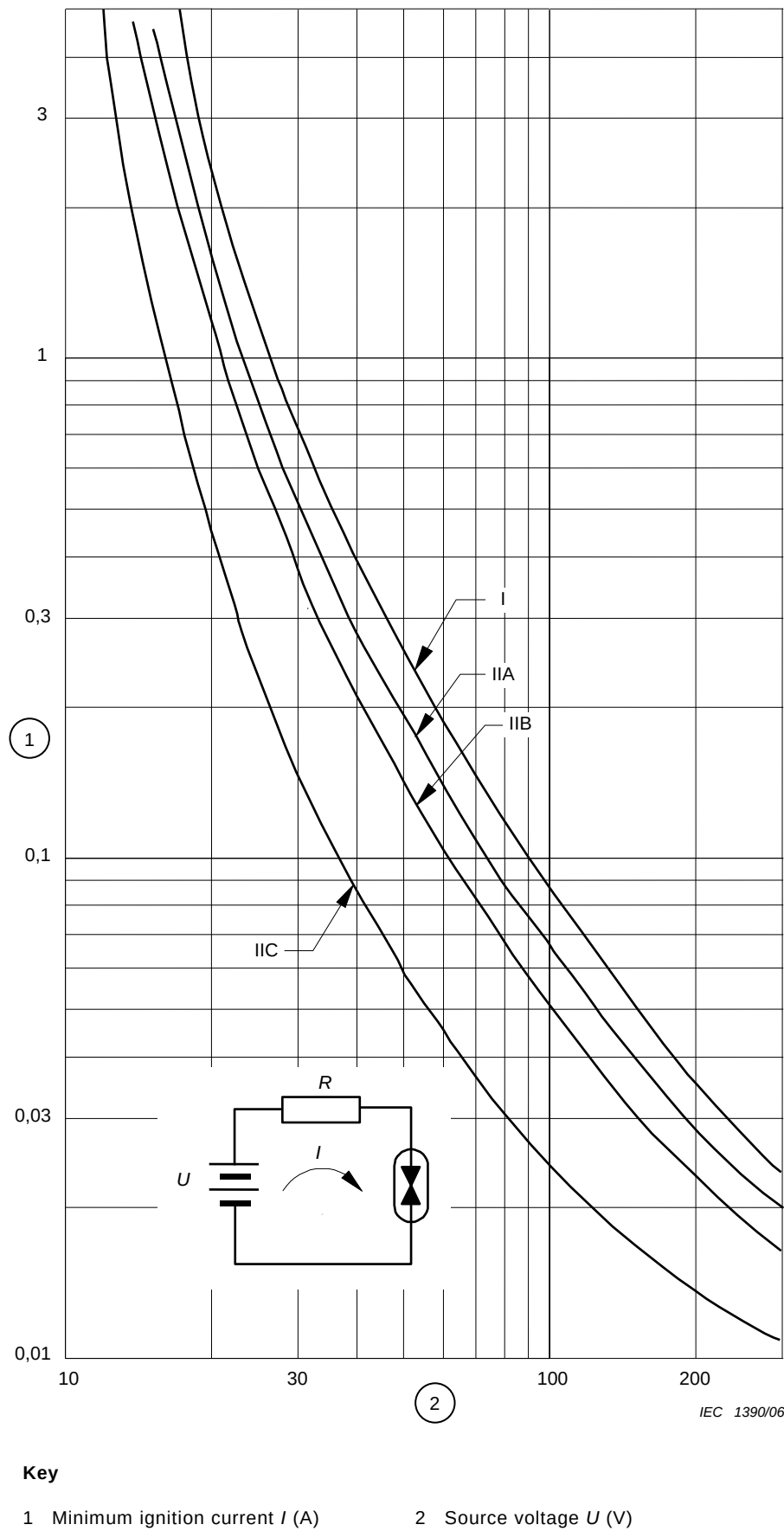
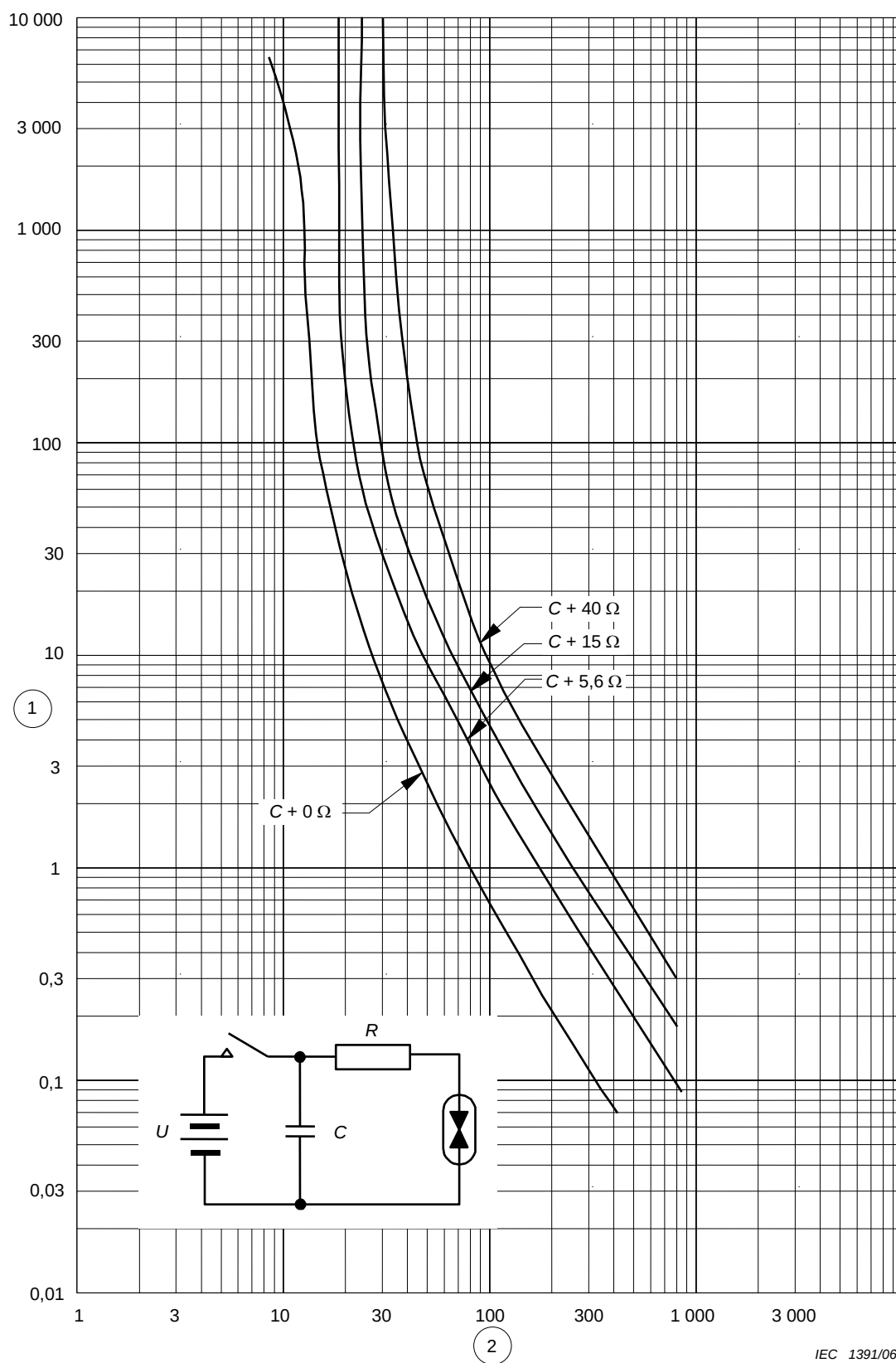


Figure A.1 – Resistive circuits



IEC 1391/06

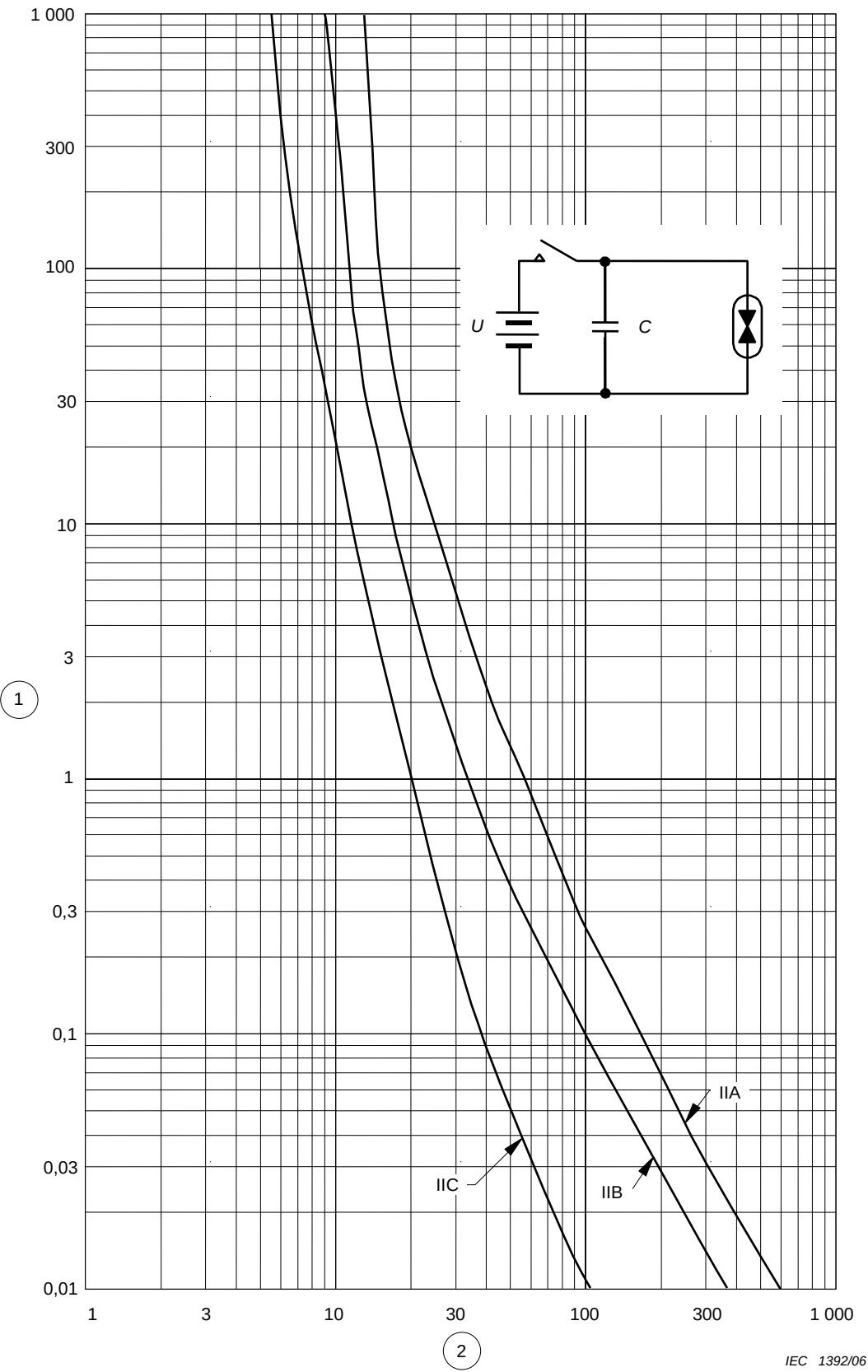
Key

1 Capacitance C (μF)

2 Minimum igniting voltage U (V)

NOTE The curves correspond to values of current-limiting resistance as indicated.

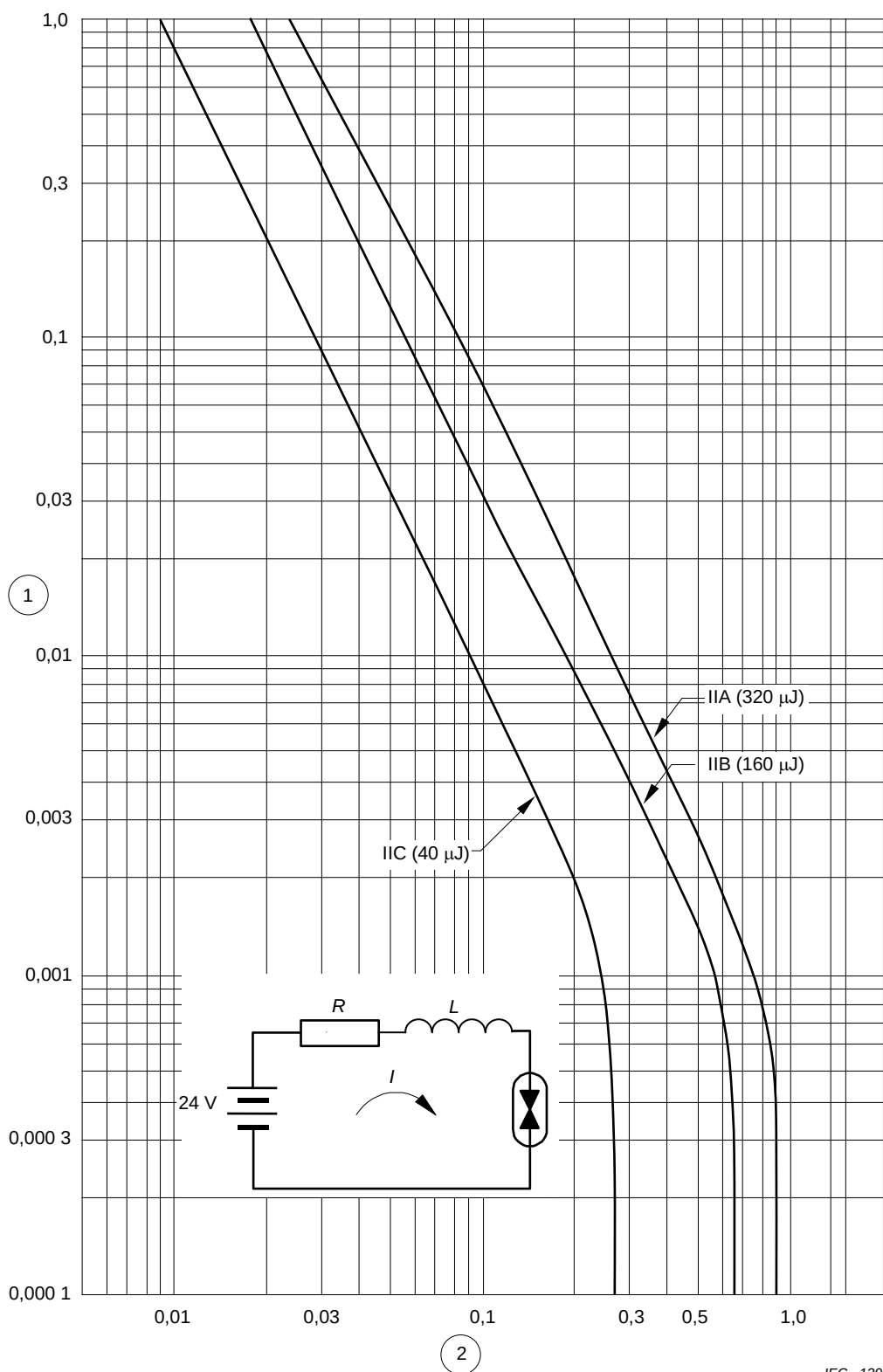
Figure A.2 – Group I capacitive circuits



Key

- 1 Capacitance C (μF)
- 2 Minimum igniting voltage U (V)

Figure A.3 – Group II capacitive circuits



IEC 1393/06

Key

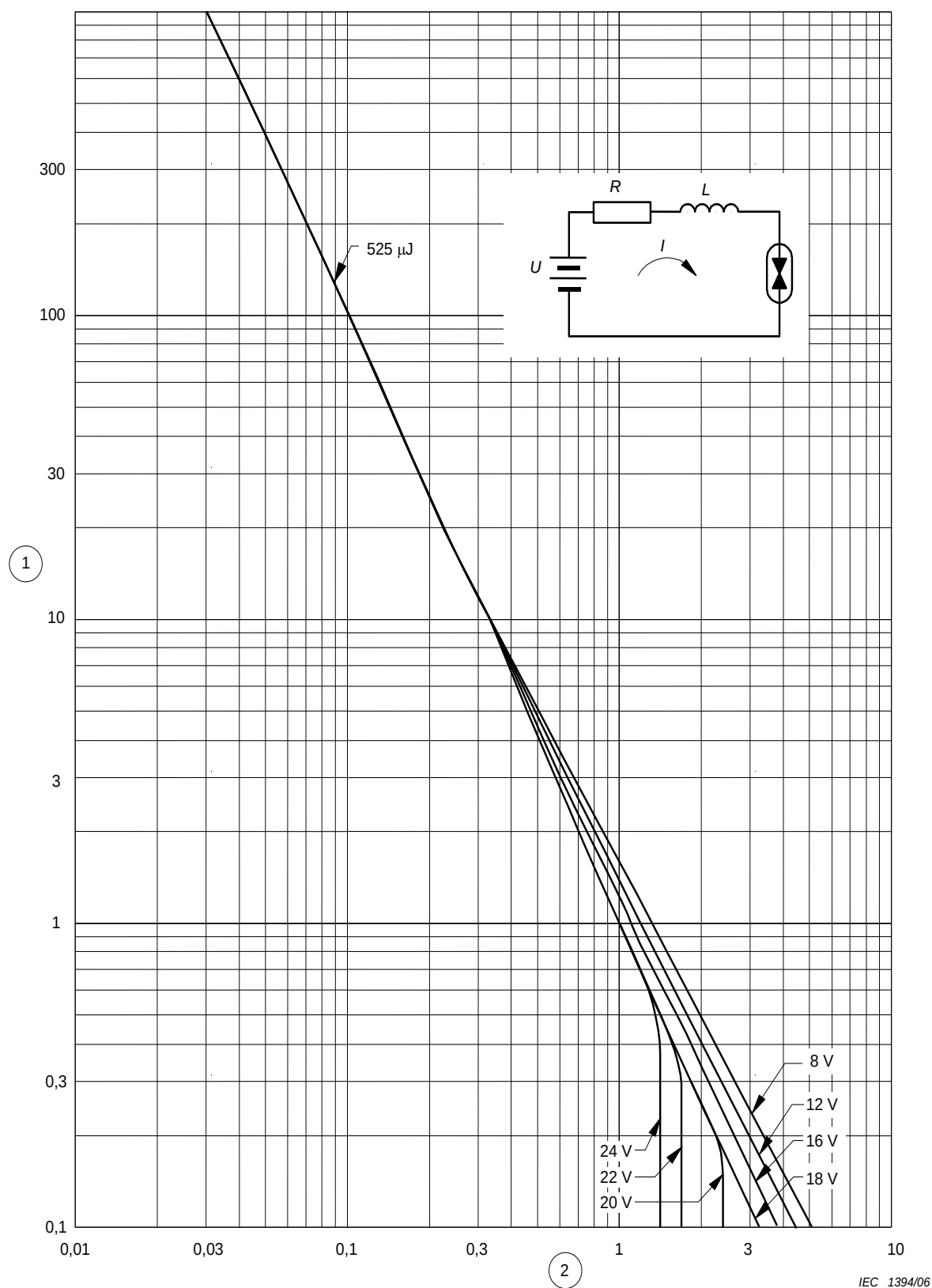
1 Inductance L (H)

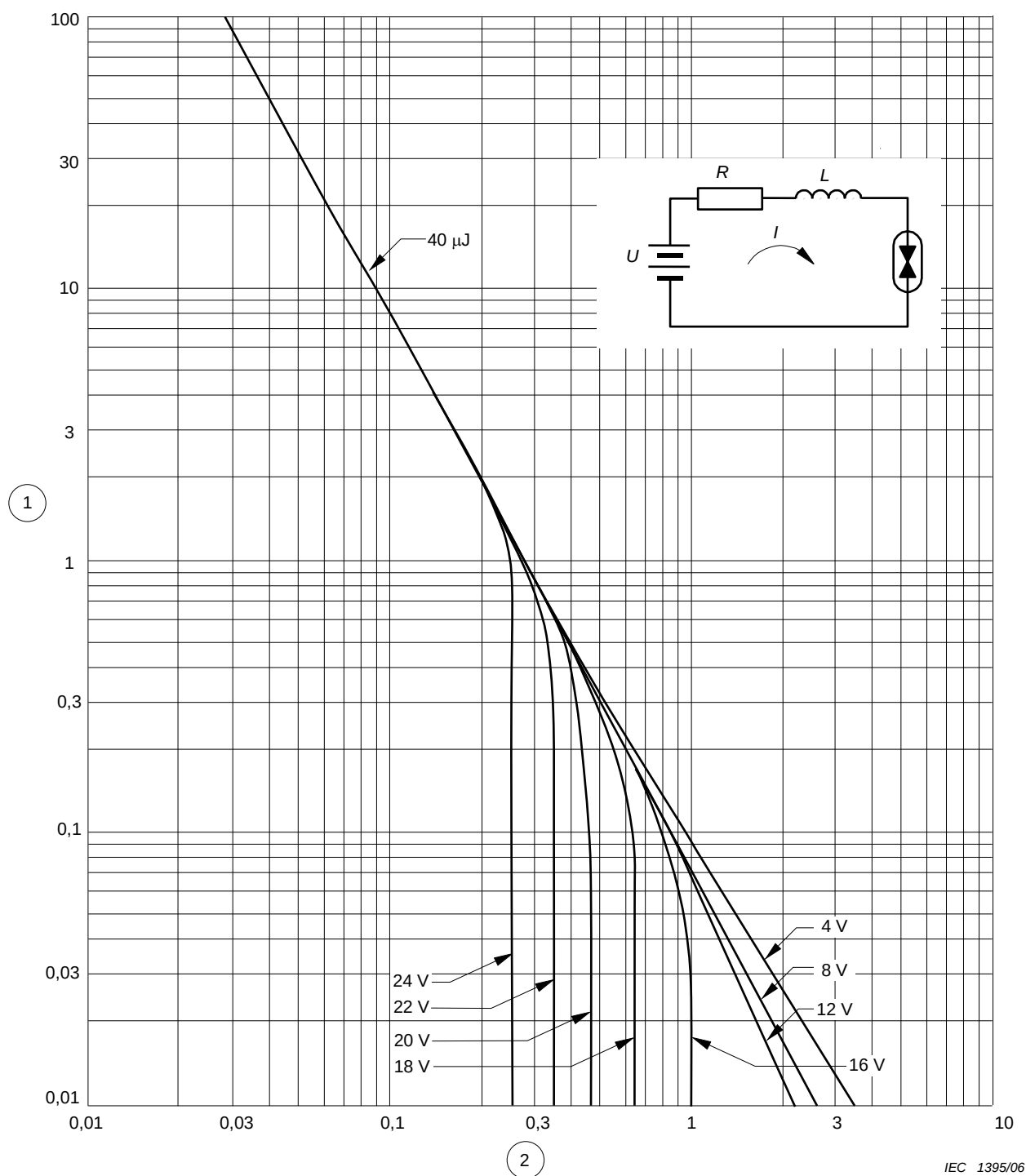
2 Minimum igniting current I (A)

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

**Key**1 Inductance L (mH)2 Minimum igniting current I (A)NOTE 1 The curves correspond to values of circuit voltage U as indicated.NOTE 2 The energy level of 525 μJ refers to the constant energy portion of the curve.**Figure A.5 – Group I inductive circuits**



Key

1 Inductance L (mH)

2 Minimum igniting current I (A)

NOTE 1 The curves correspond to values of circuit voltage U as indicated.

NOTE 2 The energy level of 40 μ J refers to the constant energy portion of the curve.

Figure A.6 – Group IIC inductive circuits

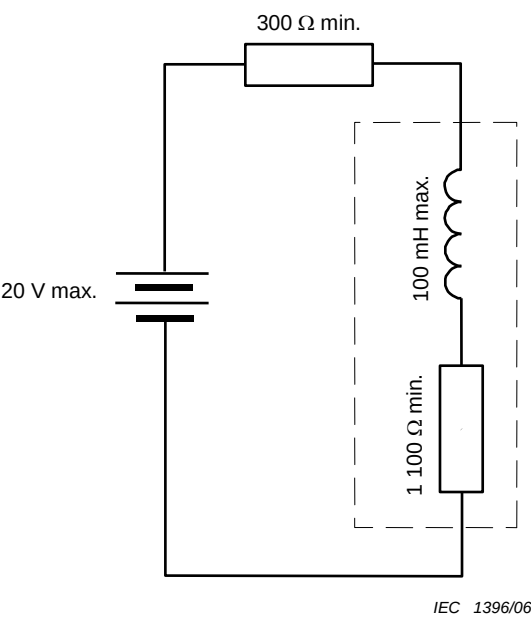


Figure A.7 – Simple inductive circuit

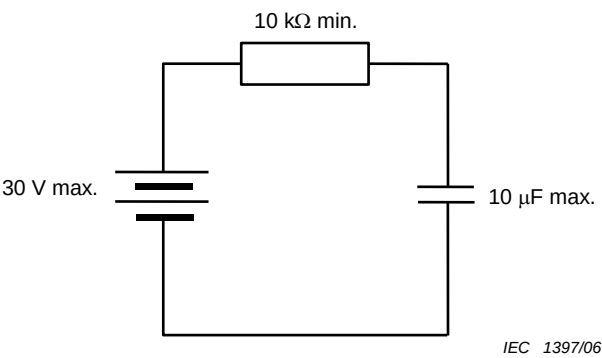


Figure A.8 – Simple capacitive circuit

Table A.1 – Permitted short-circuit current corresponding to the voltage and the Equipment Group

Voltage V	Permitted short-circuit current mA							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
12								
12,1	5 000	3 330						
12,2	4 720	3 150						
12,3	4 460	2 970						
12,4	4 210	2 810						
12,5	3 980	2 650						
12,6	3 770	2 510						
12,7	3 560	2 370						
12,8	3 370	2 250						
12,9	3 190	2 130						
13	3 020	2 020						
13,1	2 870	1 910						
13,2	2 720	1 810						
13,3	2 580	1 720						
13,4	2 450	1 630						
13,5	2 320	1 550	5 000	3 330				
13,6	2 210	1 470	4 860	3 240				
13,7	2 090	1 400	4 720	3 140				
13,8	1 990	1 330	4 580	3 050				
13,9	1 890	1 260	4 450	2 970				
14	1 800	1 200	4 330	2 880				
14,1	1 750	1 160	4 210	2 800				
14,2	1 700	1 130	4 090	2 730				
14,3	1 650	1 100	3 980	2 650				
14,4	1 600	1 070	3 870	2 580				
14,5	1 550	1 040	3 760	2 510				
14,6	1 510	1 010	3 660	2 440				
14,7	1 470	980	3 560	2 380				
14,8	1 430	950	3 470	2 310	5 000	3330		
14,9	1 390	930	3 380	2 250	4 860	3240		
15	1 350	900	3 290	2 190	4 730	3 150		
15,1	1 310	875	3 200	2 140	4 600	3 070		
15,2	1 280	851	3 120	2 080	4 480	2 990		
15,3	1 240	828	3 040	2 030	4 360	2 910		
15,4	1 210	806	2 960	1 980	4 250	2 830		
15,5	1 180	784	2 890	1 920	4 140	2 760		
15,6	1 150	769	2 810	1 880	4 030	2 690		
15,7	1 120	744	2 740	1 830	3 920	2 620		
15,8	1 090	724	2 680	1 780	3 820	2 550		
15,9	1 060	705	2 610	1 740	3 720	2 480		
16	1 030	687	2 550	1 700	3 630	2 420	5 000	3 330
16,1	1 000	669	2 480	1 660	3 540	2 360	4 830	3 220
16,2	980	652	2 420	1 610	3 450	2 300	4 660	3 110
16,3	950	636	2 360	1 570	3 360	2 240	4 490	2 990
16,4	930	620	2 310	1 540	3 280	2 190	4 320	2 880
16,5	910	604	2 250	1 500	3 200	2 130	4 240	2 830
16,6	880	589	2 200	1 470	3 120	2 080	4 160	2 770
16,7	860	575	2 150	1 430	3 040	2 030	4 080	2 720
16,8	840	560	2 100	1 400	2 970	1 980	4 000	2 670
16,9	820	547	2 050	1 370	2 900	1 930	3 740	2 490
17	800	533	2 000	1 340	2 830	1 890	3 480	2 320
17,1	780	523	1 960	1 310	2 760	1 840	3 450	2 300
17,2	770	513	1 930	1 280	2 700	1 800	3 420	2 280
17,3	750	503	1 890	1 260	2 630	1 760	3 390	2 260
17,4	740	493	1 850	1 240	2 570	1 720	3 360	2 240
17,5	730	484	1 820	1 210	2 510	1 680	3 320	2 210
17,6	710	475	1 790	1 190	2 450	1 640	3 300	2 200
17,7	700	466	1 750	1 170	2 400	1 600	3 260	2 170

Table A.1 (continued)

Voltage V	Permitted short-circuit current mA							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
17,8	690	457	1720	1150	2340	1560	3230	2150
17,9	670	448	1690	1130	2290	1530	3200	2130
18	660	440	1660	1110	2240	1490	3170	2110
18,1	648	432	1630	1087	2188	1459	3083	2055
18,2	636	424	1601	1068	2139	1426	3000	2000
18,3	625	417	1573	1049	2091	1394	2935	1956
18,4	613	409	1545	1030	2045	1363	2871	1914
18,5	602	402	1518	1012	2000	1333	2807	1871
18,6	592	394	1491	995	1967	1311	2743	1828
18,7	581	387	1466	977	1935	1290	2679	1786
18,8	571	380	1441	960	1903	1269	2615	1743
18,9	561	374	1416	944	1872	1248	2551	1700
19	551	367	1392	928	1842	1228	2487	1658
19,1	541	361	1368	912	1812	1208	2465	1643
19,2	532	355	1345	897	1784	1189	2444	1629
19,3	523	348	1323	882	1755	1170	2423	1615
19,4	514	342	1301	867	1727	1152	2401	1600
19,5	505	337	1279	853	1700	1134	2380	1586
19,6	496	331	1258	839	1673	1116	2359	1572
19,7	484	325	1237	825	1648	1098	2337	1558
19,8	480	320	1217	811	1622	1081	2316	1544
19,9	472	314	1197	798	1597	1065	2295	1530
20	464	309	1177	785	1572	1048	2274	1516
20,1	456	304	1158	772	1549	1032	2219	1479
20,2	448	299	1140	760	1525	1016	2164	1443
20,3	441	294	1122	748	1502	1001	2109	1406
20,4	434	289	1104	736	1479	986	2054	1369
20,5	427	285	1087	724	1457	971	2000	1333
20,6	420	280	1069	713	1435	957	1924	1283
20,7	413	275	1053	702	1414	943	1849	1233
20,8	406	271	1036	691	1393	929	1773	1182
20,9	400	267	1020	680	1373	915	1698	1132
21	394	262	1004	670	1353	902	1623	1082
21,1	387	258	989	659	1333	889	1603	1069
21,2	381	254	974	649	1314	876	1583	1055
21,3	375	250	959	639	1295	863	1564	1043
21,4	369	246	945	630	1276	851	1544	1029
21,5	364	243	930	620	1258	839	1525	1017
21,6	358	239	916	611	1240	827	1505	1003
21,7	353	235	903	602	1222	815	1485	990
21,8	347	231	889	593	1205	804	1466	977,3
21,9	342	228	876	584	1189	792	1446	964
22	337	224	863	575	1172	781	1427	951,3
22,1	332	221	851	567	1156	770	1394	929,3
22,2	327	218	838	559	1140	760	1361	907,3
22,3	322	215	826	551	1124	749	1328	885,3
22,4	317	211	814	543	1109	739	1296	864
22,5	312	208	802	535	1093	729	1281	854
22,6	308	205	791	527	1078	719	1267	844,7
22,7	303	202	779	520	1064	709	1253	835,3
22,8	299	199	768	512	1050	700	1239	826
22,9	294	196	757	505	1036	690	1225	816,7
23	290	193	747	498	1022	681	1211	807,3
23,1	287	191	736	491	1008	672	1185	790
23,2	284	189	726	484	995	663	1160	773,3
23,3	281	187	716	477	982	655	1135	756,7
23,4	278	185	706	471	969	646	1110	740
23,5	275	183	696	464	956	638	1085	723,3
23,6	272	182	687	458	944	629	1079	719,3

Table A.1 (continued)

Voltage V	Permitted short-circuit current mA							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
23,7	270	180	677	452	932	621	1 073	715,3
23,8	267	178	668	445	920	613	1 068	712
23,9	264	176	659	439	908	605	1 062	708
24	261	174	650	433	896	597	1 057	704,7
24,1	259	173	644	429	885	590	1 048	698,7
24,2	256	171	637	425	873	582	1 040	693,3
24,3	253	169	631	421	862	575	1 032	688
24,4	251	167	625	416	852	568	1 024	682,7
24,5	248	166	618	412	841	561	1 016	677,3
24,6	246	164	612	408	830	554	1 008	672
24,7	244	163	606	404	820	547	1 000	666,7
24,8	241	161	601	400	810	540	991	660,7
24,9	239	159	595	396	800	533	983	655,3
25	237	158	589	393	790	527	975	650
25,1	234	156	583	389	780	520	964	642,7
25,2	232	155	578	385	771	514	953	635,3
25,3	230	153	572	381	762	508	942	628
25,4	228	152	567	378	752	502	931	620,7
25,5	226	150	561	374	743	496	920	613,3
25,6	223	149	556	371	734	490	916	610,7
25,7	221	148	551	367	726	484	912	608
25,8	219	146	546	364	717	478	908	605,3
25,9	217	145	541	360	708	472	904	602,7
26	215	143	536	357	700	467	900	600
26,1	213	142	531	354	694	463	890	593,3
26,2	211	141	526	350	688	459	881	587,3
26,3	209	139	521	347	683	455	871	580,7
26,4	207	138	516	344	677	451	862	574,7
26,5	205	137	512	341	671	447	853	568,7
26,6	203	136	507	338	666	444	847	564,7
26,7	202	134	502	335	660	440	841	560,7
26,8	200	133	498	332	655	437	835	556,7
26,9	198	132	493	329	649	433	829	552,7
27	196	131	489	326	644	429	824	549,3
27,1	194	130	485	323	639	426	818	545,3
27,2	193	128	480	320	634	422	813	542
27,3	191	127	476	317	629	419	808	538,7
27,4	189	126	472	315	624	416	803	535,3
27,5	188	125	468	312	619	412	798	532
27,6	186	124	464	309	614	409	793	528,7
27,7	184	123	460	306	609	406	788	525,3
27,8	183	122	456	304	604	403	783	522
27,9	181	121	452	301	599	399	778	518,7
28	180	120	448	299	594	396	773	515,3
28,1	178	119	444	296	590	393	768	512
28,2	176	118	440	293	585	390	764	509,3
28,3	175	117	436	291	581	387	760	506,7
28,4	173	116	433	288	576	384	756	504
28,5	172	115	429	286	572	381	752	501,3
28,6	170	114	425	284	567	378	747	498
28,7	169	113	422	281	563	375	743	495,3
28,8	168	112	418	279	559	372	739	492,7
28,9	166	111	415	277	554	370	735	490
29	165	110	411	274	550	367	731	487,3
29,1	163	109	408	272	546	364	728	485,3
29,2	162	108	405	270	542	361	726	484
29,3	161	107	401	268	538	358	724	482,7
29,4	159	106	398	265	534	356	722	481,3
29,5	158	105	395	263	530	353	720	480

Table A.1 (continued)

Voltage V	Permitted short-circuit current mA							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
29,6	157	105	392	261	526	351	718	478,7
29,7	155	104	388	259	522	348	716	477,3
29,8	154	103	385	257	518	345	714	476
29,9	153	102	382	255	514	343	712	474,7
30	152	101	379	253	510	340	710	473,3
30,2	149	99,5	373	249	503	335	690	460
30,4	147	97,9	367	245	496	330	671	447,3
30,6	145	96,3	362	241	489	326	652	434,7
30,8	142	94,8	356	237	482	321	636	424
31	140	93,3	350	233	475	317	621	414
31,2	138	92,2	345	230	468	312	614	409,3
31,4	137	91	339	226	462	308	607	404,7
31,6	135	89,9	334	223	455	303	600	400
31,8	133	88,8	329	219	449	299	592	394,7
32	132	87,8	324	216	442	295	584	389,3
32,2	130	86,7	319	213	436	291	572	381,3
32,4	129	85,7	315	210	431	287	560	373,3
32,6	127	84,7	310	207	425	283	548	365,3
32,8	126	83,7	305	204	419	279	536	357,3
33	124	82,7	301	201	414	276	525	350
33,2	123	81,7	297	198	408	272	520	346,7
33,4	121	80,8	292	195	403	268	515	343,3
33,6	120	79,8	288	192	398	265	510	340
33,8	118	78,9	284	189	393	262	505	336,7
34	117	78	280	187	389	259	500	333,3
34,2	116	77,2	277	185	384	256	491	327,3
34,4	114	76,3	274	183	380	253	482	321,3
34,6	113	75,4	271	181	376	251	473	315,3
34,8	112	74,6	269	179	372	248	464	309,3
35	111	73,8	266	177	368	245	455	303,3
35,2	109	73	263	175	364	242	450	300
35,4	108	72,2	260	174	360	240	446	297,3
35,6	107	71,4	258	172	356	237	442	294,7
35,8	106	70,6	255	170	352	235	438	292
36	105	69,9	253	168	348	232	434	289,3
36,2	104	69,1	250	167	345	230	431	287,3
36,4	103	68,4	248	165	341	227	429	286
36,6	102	67,7	245	164	337	225	426	284
36,8	100	66,9	243	162	334	223	424	282,7
37	99,4	66,2	241	160	330	220	422	281,3
37,2	98,3	65,6	238	159	327	218	419	279,3
37,4	97,3	64,9	236	157	324	216	417	278
37,6	96,3	64,2	234	156	320	214	414	276
37,8	95,3	63,6	231	154	317	211	412	274,7
38	94,4	62,9	229	153	314	209	410	273,3
38,2	93,4	62,3	227	151	311	207	408	272
38,4	92,5	61,6	225	150	308	205	407	271,3
38,6	91,5	61	223	149	304	203	405	270
38,8	90,6	60,4	221	147	301	201	404	269,3
39	89,7	59,8	219	146	298	199	403	268,7
39,2	88,8	59,2	217	145	296	197	399	266
39,4	88	58,6	215	143	293	195	395	263,3
39,6	87,1	58,1	213	142	290	193	391	260,7
39,8	86,3	57,5	211	141	287	191	387	258
40	85,4	57	209	139	284	190	383	255,3
40,5	83,4	55,6	205	136	278	185	362	241,3
41	81,4	54,3	200	133	271	181	342	228
41,5	79,6	53	196	131	265	177	336	224
42	77,7	51,8	192	128	259	173	331	220,7
42,5	76	50,6	188	125	253	169	321	214

Table A.1 (continued)

Voltage V	Permitted short-circuit current mA							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
43	74,3	49,5	184	122	247	165	312	208
43,5	72,6	48,4	180	120	242	161	307	204,7
44	71	47,4	176	117	237	158	303	202
44,5	69,5	46,3	173	115	231	154	294	196
45	68	45,3	169	113	227	151	286	190,7

Table A.2 – Permitted capacitance corresponding to the voltage and the Equipment Group

Voltage V	Permitted capacitance μF							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
5,0		100						
5,1		88						
5,2		79						
5,3		71						
5,4		65						
5,5		58						
5,6	1 000	54						
5,7	860	50						
5,8	750	46						
5,9	670	43						
6,0	600	40		1 000				
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		1 000		
8,8	45	5,5		46		730		
8,9	42	5,2		43		590		
9,0	40	4,9	1 000	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		1 000
9,6	28	3,6	650	26		210		500
9,7	26	3,5	600	24		170		320
9,8	24	3,3	550	23		135		268
9,9	22	3,2	500	22		115		190
10,0	20,0	3,0	450	20,0		100		180
10,1	18,7	2,87	410	19,4		93		160
10,2	17,8	2,75	380	18,7		88		140
10,3	17,1	2,63	350	18,0		83		120
10,4	16,4	2,52	325	17,4		79		110
10,5	15,7	2,41	300	16,8		75		95
10,6	15,0	2,32	280	16,2		72		90
10,7	14,2	2,23	260	15,6		69		85
10,8	13,5	2,14	240	15,0		66		80
10,9	13,0	2,05	225	14,4		63		70
11,0	12,5	1,97	210	13,8		60		67,5
11,1	11,9	1,90	195	13,2		57,0		60

Table A.2 (continued)

Voltage V	Permitted capacitance μF							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	$\times 1$	$\times 1,5$	$\times 1$	$\times 1,5$	$\times 1$	$\times 1,5$	$\times 1$	$\times 1,5$
11,2	11,4	1,84	180	12,6		54,0		58
11,3	10,9	1,79	170	12,1		51,0		54
11,4	10,4	1,71	160	11,7		48,0		52
11,5	10,0	1,64	150	11,2		46,0		48
11,6	9,6	1,59	140	10,8		43,0		46
11,7	9,3	1,54	130	10,3		41,0		42
11,8	9,0	1,50	120	9,9		39,0		40
11,9	8,7	1,45	110	9,4		37,0		38,6
12,0	8,4	1,41	100	9,0		36,0		38
12,1	8,1	1,37	93	8,7		34,0		36,6
12,2	7,9	1,32	87	8,4		33,0		36
12,3	7,6	1,28	81	8,1		31,0		34,3
12,4	7,2	1,24	75	7,9		30,0		34
12,5	7,0	1,2	70	7,7		28,0		32,3
12,6	6,8	1,15	66	7,4		27,0		32
12,7	6,6	1,10	62	7,1		25,4		30,5
12,8	6,4	1,06	58	6,8		24,2		30
12,9	6,2	1,03	55	6,5		23,2		29
13,0	6,0	1,0	52	6,2	1 000	22,5		28,5
13,1	5,7	0,97	49	6,0	850	21,7		27,5
13,2	5,4	0,94	46	5,8	730	21,0		27
13,3	5,3	0,91	44	5,6	630	20,2		26
13,4	5,1	0,88	42	5,5	560	19,5		25,6
13,5	4,9	0,85	40	5,3	500	19,0		24,8
13,6	4,6	0,82	38	5,2	450	18,6		24,4
13,7	4,4	0,79	36	5,0	420	18,1		23,5
13,8	4,2	0,76	34	4,9	390	17,7		23
13,9	4,1	0,74	32	4,7	360	17,3		22
14,0	4,0	0,73	30	4,60	330	17,0		21,5
14,1	3,9	0,71	29	4,49	300	16,7		20,5
14,2	3,8	0,70	28	4,39	270	16,4	1 000	20
14,3	3,7	0,68	27	4,28	240	16,1	800	19,64
14,4	3,6	0,67	26	4,18	210	15,8	500	19,48
14,5	3,5	0,65	25	4,07	185	15,5	360	19,16
14,6	3,4	0,64	24	3,97	160	15,2	320	19
14,7	3,3	0,62	23	3,86	135	14,9	268	18,6
14,8	3,2	0,61	22	3,76	120	14,6	220	18,4
14,9	3,1	0,59	21	3,65	110	14,3	190	18
15,0	3,0	0,58	20,2	3,55	100	14,0	180	17,8
15,1	2,9	0,57	19,7	3,46	95	13,7	170	17,48
15,2	2,82	0,55	19,2	3,37	91	13,4	160	17,32
15,3	2,76	0,53	18,7	3,28	88	13,1	140	17
15,4	2,68	0,521	18,2	3,19	85	12,8	130	16,8
15,5	2,60	0,508	17,8	3,11	82	12,5	120	16,48
15,6	2,52	0,497	17,4	3,03	79	12,2	110	16,32
15,7	2,45	0,487	17,0	2,95	77	11,9	100	16
15,8	2,38	0,478	16,6	2,88	74	11,6	95	15,8
15,9	2,32	0,469	16,2	2,81	72	11,3	90	15,4
16,0	2,26	0,460	15,8	2,75	70	11,0	87,5	15,2
16,1	2,20	0,451	15,4	2,69	68	10,7	85	14,8
16,2	2,14	0,442	15,0	2,63	66	10,5	80	14,64
16,3	2,08	0,433	14,6	2,57	64	10,2	75	14,32
16,4	2,02	0,424	14,2	2,51	62	10,0	70	14,16
16,5	1,97	0,415	13,8	2,45	60	9,8	67,5	13,8
16,6	1,92	0,406	13,4	2,40	58	9,6	65	13,64
16,7	1,88	0,398	13,0	2,34	56	9,4	60	13,32
16,8	1,84	0,390	12,6	2,29	54	9,3	58	13,16
16,9	1,80	0,382	12,3	2,24	52	9,1	56	12,8
17,0	1,76	0,375	12,0	2,20	50	9,0	54	12,64
17,1	1,71	0,367	11,7	2,15	48	8,8	52	12,32
17,2	1,66	0,360	11,4	2,11	47	8,7	50	12,16
17,3	1,62	0,353	11,1	2,06	45	8,5	48	11,8
17,4	1,59	0,346	10,8	2,02	44	8,4	46	11,6

Table A.2 (continued)

Voltage V	Permitted capacitance μF							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	$\times 1$	$\times 1,5$	$\times 1$	$\times 1,5$	$\times 1$	$\times 1,5$	$\times 1$	$\times 1,5$
17,5	1,56	0,339	10,5	1,97	42	8,2	44	11,2
17,6	1,53	0,333	10,2	1,93	40	8,1	42	11
17,7	1,50	0,327	9,9	1,88	39	8,0	40	10,64
17,8	1,47	0,321	9,6	1,84	38	7,9	39,2	10,48
17,9	1,44	0,315	9,3	1,80	37	7,7	38,6	10,16
18,0	1,41	0,309	9,0	1,78	36	7,6	38	10
18,1	1,38	0,303	8,8	1,75	35	7,45	37,3	9,86
18,2	1,35	0,297	8,6	1,72	34	7,31	36,6	9,8
18,3	1,32	0,291	8,4	1,70	33	7,15	36	9,68
18,4	1,29	0,285	8,2	1,69	32	7,0	34,6	9,62
18,5	1,27	0,280	8,0	1,67	31	6,85	34,3	9,5
18,6	1,24	0,275	7,9	1,66	30	6,70	34	9,42
18,7	1,21	0,270	7,8	1,64	29	6,59	32,6	9,28
18,8	1,18	0,266	7,6	1,62	28	6,48	32,3	9,21
18,9	1,15	0,262	7,4	1,60	27	6,39	32	9,07
19,0	1,12	0,258	7,2	1,58	26	6,3	31,2	9
19,1	1,09	0,252	7,0	1,56	25,0	6,21	30,5	8,86
19,2	1,06	0,251	6,8	1,55	24,2	6,12	30	8,8
19,3	1,04	0,248	6,6	1,52	23,6	6,03	29,5	8,68
19,4	1,02	0,244	6,4	1,51	23,0	5,95	29	8,62
19,5	1,00	0,240	6,2	1,49	22,5	5,87	28,5	8,5
19,6	0,98	0,235	6,0	1,47	22,0	5,8	28	8,42
19,7	0,96	0,231	5,9	1,45	21,5	5,72	27,5	8,28
19,8	0,94	0,227	5,8	1,44	21,0	5,65	27	8,21
19,9	0,92	0,223	5,7	1,42	20,5	5,57	26,5	8,07
20,0	0,90	0,220	5,6	1,41	20,0	5,5	26	8
20,1	0,88	0,217	5,5	1,39	19,5	5,42	25,6	7,87
20,2	0,86	0,213	5,4	1,38	19,2	5,35	25,2	7,8
20,3	0,84	0,209	5,3	1,36	18,9	5,27	24,8	7,75
20,4	0,82	0,206	5,2	1,35	18,6	5,2	24,4	7,62
20,5	0,8	0,203	5,1	1,33	18,3	5,12	24	7,5
20,6	0,78	0,200	5,0	1,32	18,0	5,05	23,5	7,42
20,7	0,76	0,197	4,9	1,31	17,7	4,97	23	7,33
20,8	0,75	0,194	4,8	1,30	17,4	4,9	22,5	7,16
20,9	0,74	0,191	4,7	1,28	17,2	4,84	22	7
21,0	0,73	0,188	4,6	1,27	17,0	4,78	21,5	6,93
21,1	0,72	0,185	4,52	1,25	16,8	4,73	21	6,87
21,2	0,71	0,183	4,45	1,24	16,6	4,68	20,5	6,75
21,3	0,7	0,181	4,39	1,23	16,4	4,62	20	6,62
21,4	0,69	0,179	4,32	1,22	16,2	4,56	19,8	6,56
21,5	0,68	0,176	4,25	1,20	16,0	4,5	19,64	6,5
21,6	0,67	0,174	4,18	1,19	15,8	4,44	19,48	6,37
21,7	0,66	0,172	4,11	1,17	15,6	4,38	19,32	6,25
21,8	0,65	0,169	4,04	1,16	15,4	4,32	19,16	6,18
21,9	0,64	0,167	3,97	1,15	15,2	4,26	19	6,12
22,0	0,63	0,165	3,90	1,14	15,0	4,20	18,8	6
22,1	0,62	0,163	3,83	1,12	14,8	4,14	18,6	5,95
22,2	0,61	0,160	3,76	1,11	14,6	4,08	18,4	5,92
22,3	0,6	0,158	3,69	1,10	14,4	4,03	18,2	5,9
22,4	0,59	0,156	3,62	1,09	14,2	3,98	18	5,85
22,5	0,58	0,154	3,55	1,08	14,0	3,93	17,8	5,8
22,6	0,57	0,152	3,49	1,07	13,8	3,88	17,64	5,77
22,7	0,56	0,149	3,43	1,06	13,6	3,83	17,48	5,75
22,8	0,55	0,147	3,37	1,05	13,4	3,79	17,32	5,7
22,9	0,54	0,145	3,31	1,04	13,2	3,75	17,16	5,65
23,0	0,53	0,143	3,25	1,03	13,0	3,71	17	5,62
23,1	0,521	0,140	3,19	1,02	12,8	3,67	16,8	5,6
23,2	0,513	0,138	3,13	1,01	12,6	3,64	16,54	5,55
23,3	0,505	0,136	3,08	1,0	12,4	3,60	16,48	5,5
23,4	0,497	0,134	3,03	0,99	12,2	3,57	16,32	5,47
23,5	0,49	0,132	2,98	0,98	12,0	3,53	16,16	5,45

Table A.2 (continued)

Voltage V	Permitted capacitance μF							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	$\times 1$	$\times 1,5$	$\times 1$	$\times 1,5$	$\times 1$	$\times 1,5$	$\times 1$	$\times 1,5$
23,6	0,484	0,130	2,93	0,97	11,8	3,50	16	5,4
23,7	0,478	0,128	2,88	0,96	11,6	3,46	15,8	5,35
23,8	0,472	0,127	2,83	0,95	11,4	3,42	15,6	5,32
23,9	0,466	0,126	2,78	0,94	11,2	3,38	15,4	5,3
24,0	0,46	0,125	2,75	0,93	11,0	3,35	15,2	5,25
24,1	0,454	0,124	2,71	0,92	10,8	3,31	15	5,2
24,2	0,448	0,122	2,67	0,91	10,7	3,27	14,8	5,17
24,3	0,442	0,120	2,63	0,90	10,5	3,23	14,64	5,15
24,4	0,436	0,119	2,59	0,89	10,3	3,20	14,48	5,1
24,5	0,43	0,118	2,55	0,88	10,2	3,16	14,32	5,05
24,6	0,424	0,116	2,51	0,87	10,0	3,12	14,16	5,02
24,7	0,418	0,115	2,49	0,87	9,9	3,08	14	5,0
24,8	0,412	0,113	2,44	0,86	9,8	3,05	13,8	4,95
24,9	0,406	0,112	2,4	0,85	9,6	3,01	13,64	4,9
25,0	0,4	0,110	2,36	0,84	9,5	2,97	13,48	4,87
25,1	0,395	0,108	2,32	0,83	9,4	2,93	13,32	4,85
25,2	0,390	0,107	2,29	0,82	9,3	2,90	13,16	4,8
25,3	0,385	0,106	2,26	0,82	9,2	2,86	13	4,75
25,4	0,380	0,105	2,23	0,81	9,1	2,82	12,8	4,72
25,5	0,375	0,104	2,20	0,80	9,0	2,78	12,64	4,7
25,6	0,37	0,103	2,17	0,80	8,9	2,75	12,48	4,65
25,7	0,365	0,102	2,14	0,79	8,8	2,71	12,32	4,6
25,8	0,36	0,101	2,11	0,78	8,7	2,67	12,16	4,57
25,9	0,355	0,100	2,08	0,77	8,6	2,63	12	4,55
26,0	0,35	0,099	2,05	0,77	8,5	2,60	11,8	4,5
26,1	0,345	0,098	2,02	0,76	8,4	2,57	11,6	4,45
26,2	0,341	0,097	1,99	0,75	8,3	2,54	11,4	4,42
26,3	0,337	0,097	1,96	0,74	8,2	2,51	11,2	4,4
26,4	0,333	0,096	1,93	0,74	8,1	2,48	11	4,35
26,5	0,329	0,095	1,90	0,73	8,0	2,45	10,8	4,3
26,6	0,325	0,094	1,87	0,73	8,0	2,42	10,64	4,27
26,7	0,321	0,093	1,84	0,72	7,9	2,39	10,48	4,25
26,8	0,317	0,092	1,82	0,72	7,8	2,37	10,32	4,2
26,9	0,313	0,091	1,80	0,71	7,7	2,35	10,16	4,15
27,0	0,309	0,090	1,78	0,705	7,6	2,33	10	4,12
27,1	0,305	0,089	1,76	0,697	7,5	2,31	9,93	4,1
27,2	0,301	0,089	1,74	0,690	7,42	2,30	9,86	4,05
27,3	0,297	0,088	1,72	0,683	7,31	2,28	9,8	4,0
27,4	0,293	0,087	1,71	0,677	7,21	2,26	9,74	3,97
27,5	0,289	0,086	1,70	0,672	7,10	2,24	9,68	3,95
27,6	0,285	0,086	1,69	0,668	7,00	2,22	9,62	3,9
27,7	0,281	0,085	1,68	0,663	6,90	2,20	9,56	3,85
27,8	0,278	0,084	1,67	0,659	6,80	2,18	9,5	3,82
27,9	0,275	0,084	1,66	0,654	6,70	2,16	9,42	3,8
28,0	0,272	0,083	1,65	0,650	6,60	2,15	9,35	3,76
28,1	0,269	0,082	1,63	0,645	6,54	2,13	9,28	3,72
28,2	0,266	0,081	1,62	0,641	6,48	2,11	9,21	3,70
28,3	0,263	0,08	1,60	0,636	6,42	2,09	9,14	3,68
28,4	0,26	0,079	1,59	0,632	6,36	2,07	9,07	3,64
28,5	0,257	0,078	1,58	0,627	6,30	2,05	9	3,6
28,6	0,255	0,077	1,57	0,623	6,24	2,03	8,93	3,57
28,7	0,253	0,077	1,56	0,618	6,18	2,01	8,86	3,55
28,8	0,251	0,076	1,55	0,614	6,12	2,00	8,8	3,5
28,9	0,249	0,075	1,54	0,609	6,06	1,98	8,74	3,45
29,0	0,247	0,074	1,53	0,605	6,00	1,97	8,68	3,42
29,1	0,244	0,074	1,51	0,600	5,95	1,95	8,62	3,4
29,2	0,241	0,073	1,49	0,596	5,90	1,94	8,56	3,35
29,3	0,238	0,072	1,48	0,591	5,85	1,92	8,5	3,3
29,4	0,235	0,071	1,47	0,587	5,80	1,91	8,42	3,27
29,5	0,232	0,071	1,46	0,582	5,75	1,89	8,35	3,25

Table A.2 (continued)

Voltage V	Permitted capacitance μF							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	$\times 1$	$\times 1,5$	$\times 1$	$\times 1,5$	$\times 1$	$\times 1,5$	$\times 1$	$\times 1,5$
29,6	0,229	0,070	1,45	0,578	5,70	1,88	8,28	3,2
29,7	0,226	0,069	1,44	0,573	5,65	1,86	8,21	3,15
29,8	0,224	0,068	1,43	0,569	5,60	1,85	8,14	3,12
29,9	0,222	0,067	1,42	0,564	5,55	1,83	8,07	3,1
30,0	0,220	0,066	1,41	0,560	5,50	1,82	8	3,05
30,2	0,215	0,065	1,39	0,551	5,40	1,79	7,87	2,99
30,4	0,210	0,064	1,37	0,542	5,30	1,76	7,75	2,96
30,6	0,206	0,0626	1,35	0,533	5,20	1,73	7,62	2,93
30,8	0,202	0,0616	1,33	0,524	5,10	1,70	7,5	2,90
31,0	0,198	0,0605	1,32	0,515	5,00	1,67	7,33	2,87
31,2	0,194	0,0596	1,30	0,506	4,90	1,65	7,16	2,84
31,4	0,190	0,0587	1,28	0,497	4,82	1,62	7	2,81
31,6	0,186	0,0578	1,26	0,489	4,74	1,60	6,87	2,78
31,8	0,183	0,0569	1,24	0,482	4,68	1,58	6,75	2,75
32,0	0,180	0,0560	1,23	0,475	4,60	1,56	6,62	2,72
32,2	0,177	0,0551	1,21	0,467	4,52	1,54	6,5	2,69
32,4	0,174	0,0542	1,19	0,460	4,44	1,52	6,37	2,66
32,6	0,171	0,0533	1,17	0,452	4,36	1,50	6,25	2,63
32,8	0,168	0,0524	1,15	0,444	4,28	1,48	6,12	2,6
33,0	0,165	0,0515	1,14	0,437	4,20	1,46	6	2,54
33,2	0,162	0,0506	1,12	0,430	4,12	1,44	5,95	2,49
33,4	0,159	0,0498	1,10	0,424	4,05	1,42	5,9	2,45
33,6	0,156	0,0492	1,09	0,418	3,98	1,41	5,85	2,44
33,8	0,153	0,0486	1,08	0,412	3,91	1,39	5,8	2,42
34,0	0,150	0,048	1,07	0,406	3,85	1,37	5,75	2,4
34,2	0,147	0,0474	1,05	0,401	3,79	1,35	5,7	2,33
34,4	0,144	0,0468	1,04	0,397	3,74	1,33	5,65	2,28
34,6	0,141	0,0462	1,02	0,393	3,69	1,31	5,6	2,26
34,8	0,138	0,0456	1,01	0,390	3,64	1,30	5,55	2,22
35,0	0,135	0,045	1,00	0,387	3,60	1,28	5,5	2,2
35,2	0,133	0,0444	0,99	0,383	3,55	1,26	5,45	2,2
35,4	0,131	0,0438	0,97	0,380	3,50	1,24	5,4	2,2
35,6	0,129	0,0432	0,95	0,376	3,45	1,23	5,35	2,2
35,8	0,127	0,0426	0,94	0,373	3,40	1,21	5,3	2,17
36,0	0,125	0,042	0,93	0,370	3,35	1,20	5,25	2,15
36,2	0,123	0,0414	0,91	0,366	3,30	1,18	5,2	2,15
36,4	0,121	0,0408	0,90	0,363	3,25	1,17	5,15	2,1
36,6	0,119	0,0402	0,89	0,359	3,20	1,150	5,1	2
36,8	0,117	0,0396	0,88	0,356	3,15	1,130	5,05	1,99
37,0	0,115	0,039	0,87	0,353	3,10	1,120	5	1,98
37,2	0,113	0,0384	0,86	0,347	3,05	1,100	4,95	1,96
37,4	0,111	0,0379	0,85	0,344	3,00	1,090	4,9	1,95
37,6	0,109	0,0374	0,84	0,340	2,95	1,080	4,85	1,94
37,8	0,107	0,0369	0,83	0,339	2,90	1,070	4,8	1,93
38,0	0,105	0,0364	0,82	0,336	2,85	1,060	4,75	1,92
38,2	0,103	0,0359	0,81	0,332	2,80	1,040	4,7	1,91
38,4	0,102	0,0354	0,80	0,329	2,75	1,030	4,65	1,9
38,6	0,101	0,0350	0,79	0,326	2,70	1,020	4,6	1,87
38,8	0,100	0,0346	0,78	0,323	2,65	1,010	4,55	1,86
39,0	0,099	0,0342	0,77	0,320	2,60	1,000	4,5	1,85
39,2	0,098	0,0338	0,76	0,317	2,56	0,980	4,45	1,83
39,4	0,097	0,0334	0,75	0,314	2,52	0,970	4,4	1,82
39,6	0,096	0,0331	0,75	0,311	2,48	0,960	4,35	1,8
39,8	0,095	0,0328	0,74	0,308	2,44	0,950	4,3	1,79
40,0	0,094	0,0325	0,73	0,305	2,40	0,940	4,25	1,78
40,2	0,092	0,0322	0,72	0,302	2,37	0,930	4,2	1,76
40,4	0,091	0,0319	0,71	0,299	2,35	0,920	4,15	1,75
40,6	0,090	0,0316	0,70	0,296	2,32	0,910	4,1	1,74
40,8	0,089	0,0313	0,69	0,293	2,30	0,900	4,05	1,73
41,0	0,088	0,0310	0,68	0,290	2,27	0,890	4	1,72
41,2	0,087	0,0307	0,674	0,287	2,25	0,882	3,95	1,7
41,4	0,086	0,0304	0,668	0,284	2,22	0,874	3,9	1,68

Table A.2 (continued)

Voltage V	Permitted capacitance μF							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		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	x1	x1,5
41,6	0,085	0,0301	0,662	0,281	2,20	0,866	3,85	1,67
41,8	0,084	0,0299	0,656	0,278	2,17	0,858	3,8	1,66
42,0	0,083	0,0297	0,650	0,275	2,15	0,850	3,75	1,65
42,2	0,082	0,0294	0,644	0,272	2,12	0,842	3,72	1,62
42,4	0,081	0,0292	0,638	0,269	2,10	0,834	3,68	1,61
42,6	0,079	0,0289	0,632	0,266	2,07	0,826	3,64	1,6
42,8	0,078	0,0286	0,626	0,264	2,05	0,818	3,6	1,59
43,0	0,077	0,0284	0,620	0,262	2,02	0,810	3,55	1,58
43,2	0,076	0,0281	0,614	0,259	2,00	0,802	3,5	1,56
43,4	0,075	0,0279	0,608	0,257	1,98	0,794	3,45	1,55
43,6	0,074	0,0276	0,602	0,254	1,96	0,786	3,4	1,54
43,8	0,073	0,0273	0,596	0,252	1,94	0,778	3,35	1,53
44,0	0,072	0,0271	0,590	0,25	1,92	0,770	3,3	1,52
44,2	0,071	0,0268	0,584	0,248	1,90	0,762	3,25	1,5
44,4	0,070	0,0266	0,578	0,246	1,88	0,754	3,2	1,48
44,6	0,069	0,0263	0,572	0,244	1,86	0,746	3,15	1,47
44,8	0,068	0,0261	0,566	0,242	1,84	0,738	3,1	1,46
45,0	0,067	0,0259	0,560	0,240	1,82	0,730	3,05	1,45
45,2	0,066	0,0257	0,554	0,238	1,80	0,722	3	1,42
45,4	0,065	0,0254	0,548	0,236	1,78	0,714	2,98	1,41
45,6	0,064	0,0251	0,542	0,234	1,76	0,706	2,96	1,4
45,8	0,063	0,0249	0,536	0,232	1,74	0,698	2,94	1,39
46,0	0,0623	0,0247	0,530	0,230	1,72	0,690	2,92	1,38
46,2	0,0616	0,0244	0,524	0,228	1,70	0,682	2,9	1,36
46,4	0,0609	0,0242	0,518	0,226	1,68	0,674	2,88	1,35
46,6	0,0602	0,0239	0,512	0,224	1,67	0,666	2,86	1,34
46,8	0,0596	0,0237	0,506	0,222	1,65	0,658	2,84	1,33
47,0	0,0590	0,0235	0,500	0,220	1,63	0,650	2,82	1,32
47,2	0,0584	0,0232	0,495	0,218	1,61	0,644	2,8	1,3
47,4	0,0578	0,0229	0,490	0,216	1,60	0,638	2,78	1,28
47,6	0,0572	0,0227	0,485	0,214	1,59	0,632	2,76	1,27
47,8	0,0566	0,0225	0,480	0,212	1,57	0,626	2,74	1,26
48,0	0,0560	0,0223	0,475	0,210	1,56	0,620	2,72	1,25
48,2	0,0554	0,0220	0,470	0,208	1,54	0,614	2,7	1,22
48,4	0,0548	0,0218	0,465	0,206	1,53	0,609	2,68	1,21
48,6	0,0542	0,0215	0,460	0,205	1,52	0,604	2,66	1,2
48,8	0,0536	0,0213	0,455	0,203	1,50	0,599	2,64	1,19
49,0	0,0530	0,0211	0,450	0,201	1,49	0,594	2,62	1,18
49,2	0,0524	0,0208	0,445	0,198	1,48	0,589	2,6	1,16
49,4	0,0518	0,0206	0,440	0,197	1,46	0,584	2,56	1,15
49,6	0,0512	0,0204	0,435	0,196	1,45	0,579	2,52	1,14
49,8	0,0506	0,0202	0,430	0,194	1,44	0,574	2,46	1,13
50,0	0,0500	0,0200	0,425	0,193	1,43	0,570	2,46	1,12
50,5	0,0490	0,0194	0,420	0,190	1,40	0,558	2,43	1,1
51,0	0,0480	0,0190	0,415	0,187	1,37	0,547	2,4	1,08
51,5	0,0470	0,0186	0,407	0,184	1,34	0,535	2,3	1,02
52,0	0,0460	0,0183	0,400	0,181	1,31	0,524	2,25	1
52,5	0,0450	0,0178	0,392	0,178	1,28	0,512	2,2	0,99
53,0	0,0440	0,0174	0,385	0,175	1,25	0,501	2,2	0,97
53,5	0,0430	0,0170	0,380	0,172	1,22	0,490	2,2	0,96
54,0	0,0420	0,0168	0,375	0,170	1,20	0,479	2,15	0,95
54,5	0,0410	0,0166	0,367	0,168	1,18	0,468	2,15	0,94
55,0	0,0400	0,0165	0,360	0,166	1,16	0,457	2	0,94

A.4 Permitted reduction of effective capacitance when protected by a series resistance

When a resistance is used in series with a capacitance to limit the energy that may discharge from the combination of both (energy between nodes A and B in the Figure A.9 below), the assessment of the effective capacitance between these two nodes may be simplified by using Table A.3. Alternatively, if the table is not applied, the circuit may be tested.

The resistor shall be in accordance with 7.1, and the node X shall be segregated from all other conductive parts according to 6.3.

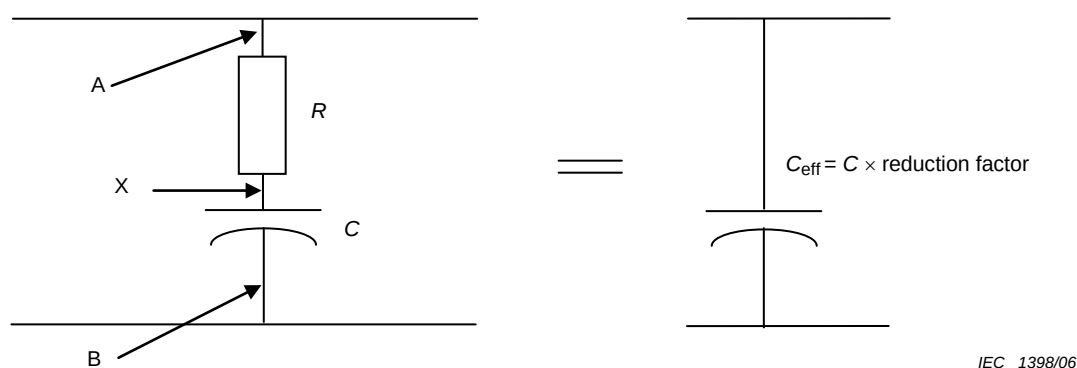


Figure A.9 – Equivalent capacitance

Table A.3 – Permitted reduction of effective capacitance when protected by a series resistance

Resistance R Ω	Reduction factor
0	1,00
1	0,97
2	0,94
3	0,91
4	0,87
5	0,85
6	0,83
7	0,80
8	0,79
9	0,77
10	0,74
12	0,70
14	0,66
16	0,63
18	0,61
20	0,57
25	0,54
30	0,49
40	0,41

NOTE The reductions specified in the above table are conservative and further reductions may be achieved by testing.

Annex B (normative)

Spark test apparatus for intrinsically safe circuits

B.1 Test methods for spark ignition

B.1.1 Principle

The circuit to be tested is connected to the contacts of the spark test apparatus, which are in an explosion chamber that is filled with an explosive test mixture.

The parameters of the circuit are adjusted to achieve the prescribed safety factor and a test is made to determine whether or not ignition of the explosive test mixture takes place within a defined number of operations of the contact system.

Except where otherwise specified, the tolerance on mechanical dimensions of the machined parts is $\pm 2\%$ (tungsten wire length $\pm 10\%$) and that of voltages and current is $\pm 1\%$.

B.1.2 Apparatus

The apparatus shall consist of a contact arrangement in an explosion chamber having a volume of at least 250 cm³. It is arranged to produce make-sparks and break-sparks in the prescribed explosive test mixture.

NOTE 1 An example of a practical design of the test apparatus is shown in Figure B.4. (For the contact arrangement, see Figures B.1, B.2 and B.3.)

One of the two contact electrodes shall consist of a rotating cadmium contact disc with two slots as in Figure B.2.

NOTE 2 Cadmium as supplied for electroplating may be used for casting cadmium contact discs.

The other contact electrode consists of four tungsten contact wires with a diameter of $0,2 \pm 0,02$ mm clamped on a circle of 50 mm diameter to an electrode holder (made of brass or other suitable material as in Figure B.3).

NOTE 3 It is advantageous to round off the corners of the electrode holder slightly at the points where the wires are clamped to avoid premature breakage of the wires at the sharp edge.

The contact arrangement shall be mounted as shown in Figure B.1. The electrode holder rotates so that the tungsten contact wires slide over the slotted cadmium disc. The distance between the electrode holder and the cadmium disc is 10 mm. The free length of the contact wires is 11 mm. The contact wires are straight and fitted so as to be normal to the surface of the cadmium disc when not in contact with it.

The axes of the shafts driving the cadmium disc and the electrode holder are 31 mm apart and are electrically insulated from each other and from the baseplate of the apparatus. The current is led in and out through sliding contacts on the shafts which are geared together by non-conductive gears with a ratio of 50:12.

The electrode holder shall rotate at 80 r/min by an electric motor, with suitable reduction gearing if necessary. The cadmium disc is turned more slowly in the opposite direction.

NOTE 4 Gas-tight bearing bushes in the baseplate are necessary unless a gas flow system is used.

Either a counting device is provided to record the number of revolutions of the motor-driven shaft of the electrode holder or a timing device may be used to determine the test duration, from which the number of revolutions of the shaft of the electrode holder can be calculated.

NOTE 5 It is advantageous to stop the driving motor, or at least the counting device, automatically after an ignition of the explosive mixture, for example by means of a photocell or a pressure switch.

The explosion chamber shall be capable of withstanding an explosion pressure of at least 1 500 kPa (15 bars) except where provision is made to release the explosion pressure.

At the terminals of the contact arrangement, the self-capacitance of the test apparatus shall not exceed 30 pF with the contacts open. The resistance shall not exceed 0,15 Ω at a current of 1 A d.c. and the self-inductance shall not exceed 3 μ H with the contacts closed.

B.1.3 Calibration of spark test apparatus

The sensitivity of the spark test apparatus shall be checked before and after each series of tests in accordance with 10.1.3.

When the sensitivity is not as specified, the following procedure shall be followed until the required sensitivity is achieved:

- a) check the parameters of the calibration circuit;
- b) check the composition of the explosive test mixture;
- c) clean the tungsten wires;
- d) replace the tungsten wires;
- e) connect the terminals to a 95 mH/24 V/100 mA circuit as specified in 10.1.3 and run the test apparatus with the contacts in air for a minimum of 20 000 revolutions of the electrode holder;
- f) replace the cadmium disc and calibrate the apparatus in accordance with 10.1.3.

B.1.4 Preparation and cleaning of tungsten wires

Tungsten is a very brittle material and tungsten wires often tend to split at the ends after a relatively short period of operation.

To resolve this difficulty, one of the following procedures shall be followed.

- a) Fuse the ends of the tungsten wires in a simple device as shown in Figure B.5. This forms a small sphere on each wire which shall be removed, for example by slight pressure by tweezers.

When prepared in this way, it is found that, on average, one of the four contact wires has to be changed only after about 50 000 sparks.

- b) Cut the tungsten wires with a shearing action, for example using heavy duty scissors in good condition.

The wires are then mounted in the electrode holder and manually cleaned by rubbing the surface, including the end of the wire, with grade 0 emery cloth or similar.

NOTE 1 It is advantageous to remove the electrode holder from the test apparatus when cleaning the wires.

NOTE 2 The specification for grade 0 emery cloth grains determined by sieving is as follows.

Requirements	Sieve aperture size (μ m)
All grains to pass	106
Not more than 24 % to be retained	75
At least 40 % to be retained	53

Not more than 10 % to pass

45

Experience has shown that, in order to stabilize the sensitivity during use, it is advantageous to clean and straighten the wires at regular intervals. The interval chosen depends on the rate at which deposits form on the wires. This rate depends on the circuit being tested. A wire shall be replaced if the end of the wire is split or if the wire cannot be straightened.

B.1.5 Conditioning a new cadmium disc

The following procedure is recommended for conditioning a new cadmium disc to stabilize the sensitivity of the spark test apparatus:

- a) fit the new disc into the spark test apparatus;
- b) connect the terminals to a 95 mH/24 V/100 mA circuit as specified in 10.1.3 and run the test apparatus with the contacts in air for a minimum of 20 000 revolutions of the electrode holder;
- c) fit new tungsten wires prepared and cleaned in accordance with B.1.4 and connect the test apparatus to a 2 μ F non-electrolytic capacitor charged through a 2 k Ω resistor;
- d) using the Group IIA (or Group I) explosive test mixture conforming to 10.1.3.1, apply 70 V (or 95 V for Group I) to the capacitive circuit and operate the spark test apparatus for a minimum of 400 revolutions of the electrode holder or until ignition occurs. If no ignition takes place, check the gas mixture, replace wires, or check the spark test apparatus. When ignition occurs, reduce the voltage in steps of 5 V and repeat. Repeat until no ignition takes place;
- e) the voltage at which ignition shall be obtained to be 45 V for Group IIA (55 V for Group I) and the voltage at which no ignition takes place shall be 40 V for Group IIA (50 V for Group I).

B.1.6 Limitations of the apparatus

The spark test apparatus is designed for testing intrinsically safe circuits within the following limits:

- a) a test current not exceeding 3 A;
- b) resistive or capacitive circuits where the operating voltage does not exceed 300 V;
- c) inductive circuits where the inductance does not exceed 1 H;
- d) for circuits up to 1,5 MHz.

NOTE 1 The apparatus can be successfully applied to circuits exceeding these limits but variations in sensitivity may occur.

NOTE 2 If the test current exceeds 3 A, the temperature rise of the tungsten wires may lead to additional ignition effects invalidating the test result.

NOTE 3 With inductive circuits, care should be exercised that self-inductance and circuit time constants do not adversely affect the results.

NOTE 4 Capacitive and inductive circuits with large time constants may be tested, for example by reducing the speed at which the spark test apparatus is driven. Capacitive circuits may be tested by removing two or three of the tungsten wires. Attention is drawn to the fact that reducing the speed of the spark test apparatus may alter its sensitivity.

The spark test apparatus might not be suitable for the testing of circuits, which shut off the current or reduce the electrical values as a result of making or breaking contact in the spark apparatus during the required number of revolutions. Such circuits shall under test deliver the worst case output conditions throughout the test.

NOTE 5 For the test of such circuits Annex E and Annex H provide further information.

B.1.7 Modifications of test apparatus for use at higher currents

Test currents of 3 A to 10 A may be tested in the test apparatus when it is modified as follows.

The tungsten wires are replaced by wires with diameter increased from 0,2 mm to $0,4 \pm 0,03$ mm and the free length reduced to 10,5 mm.

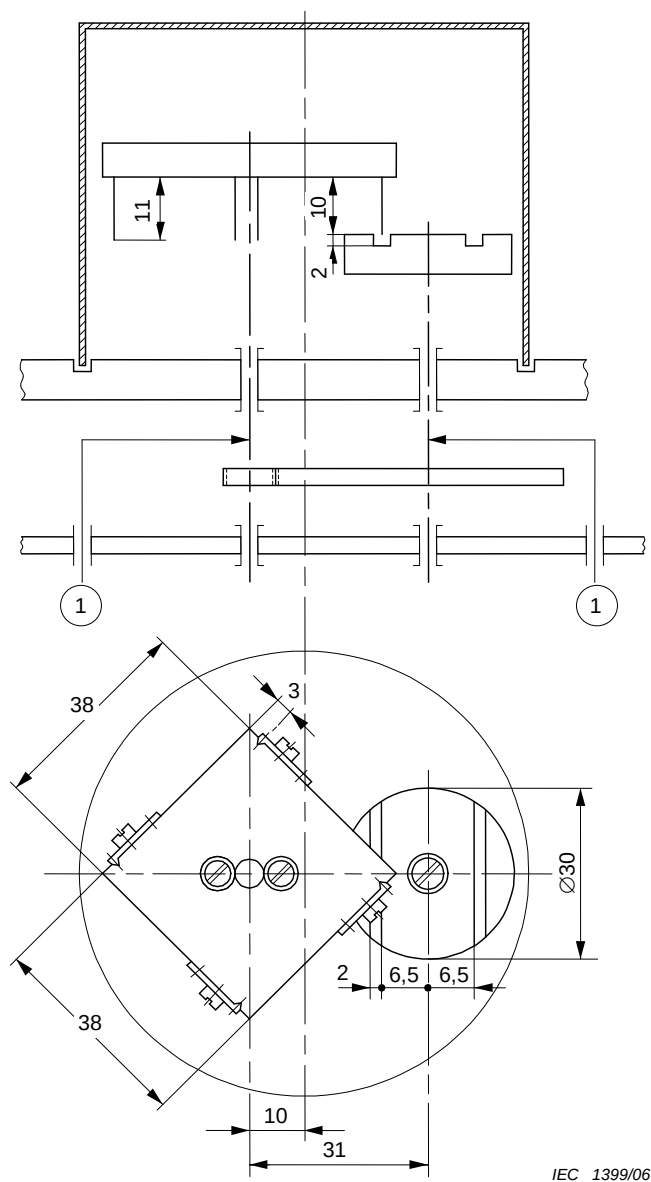
NOTE 1 The reduction in free length reduces the wear on the cadmium disc.

The total resistance of the apparatus including the commutation contact resistance shall be reduced to less than 100 m Ω or the circuit under test shall be modified to compensate for the internal resistance of the spark test apparatus.

NOTE 2 Brushes of the type used in the automobile industry combined with brass sleeves on the apparatus shafts so as to increase the contact area have been found to be one practical solution to reduce the contact resistance.

The total inductance of the test apparatus and the inductance of the interconnection to the circuit under test must be minimized. A maximum value of 1 μ H must be achieved.

The apparatus can be used for higher currents but special care in interpreting the results is necessary.

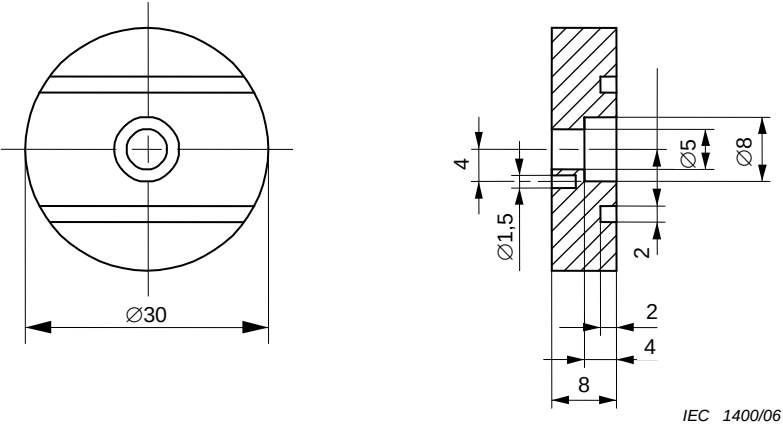


Key

- 1 Connection for circuit under test

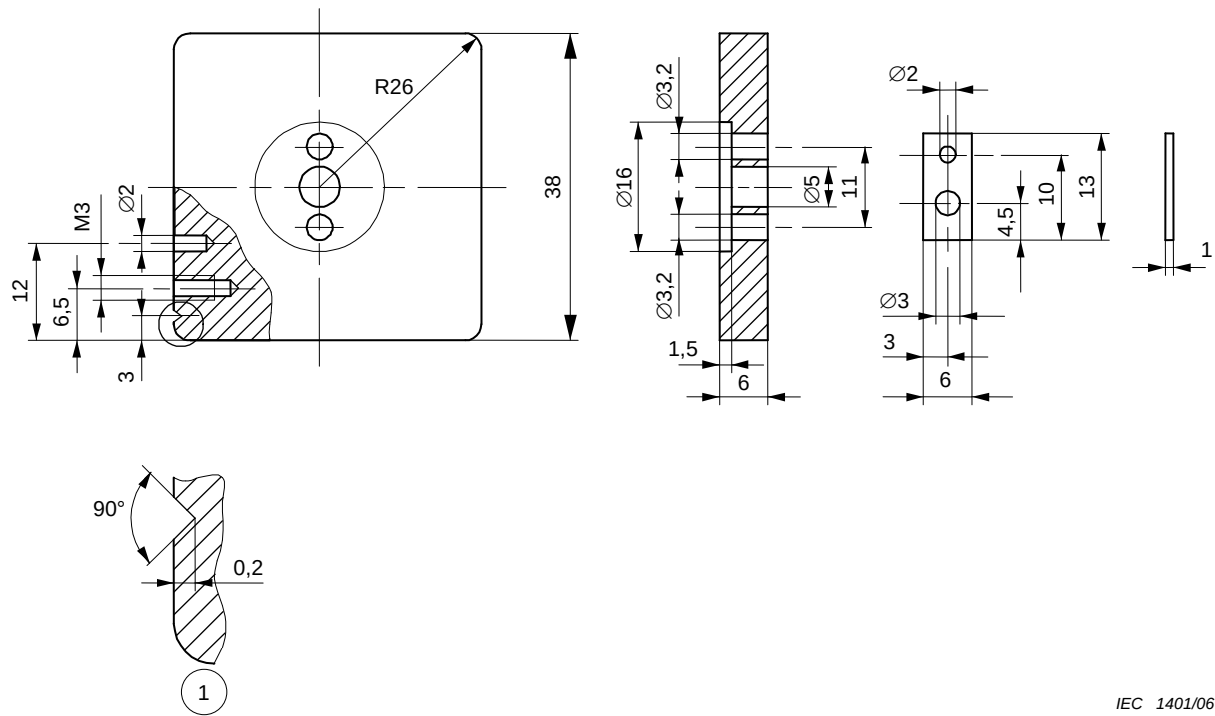
Dimensions in millimetres

Figure B.1 – Spark test apparatus for intrinsically safe circuits



Dimensions in millimetres

Figure B.2 – Cadmium contact disc

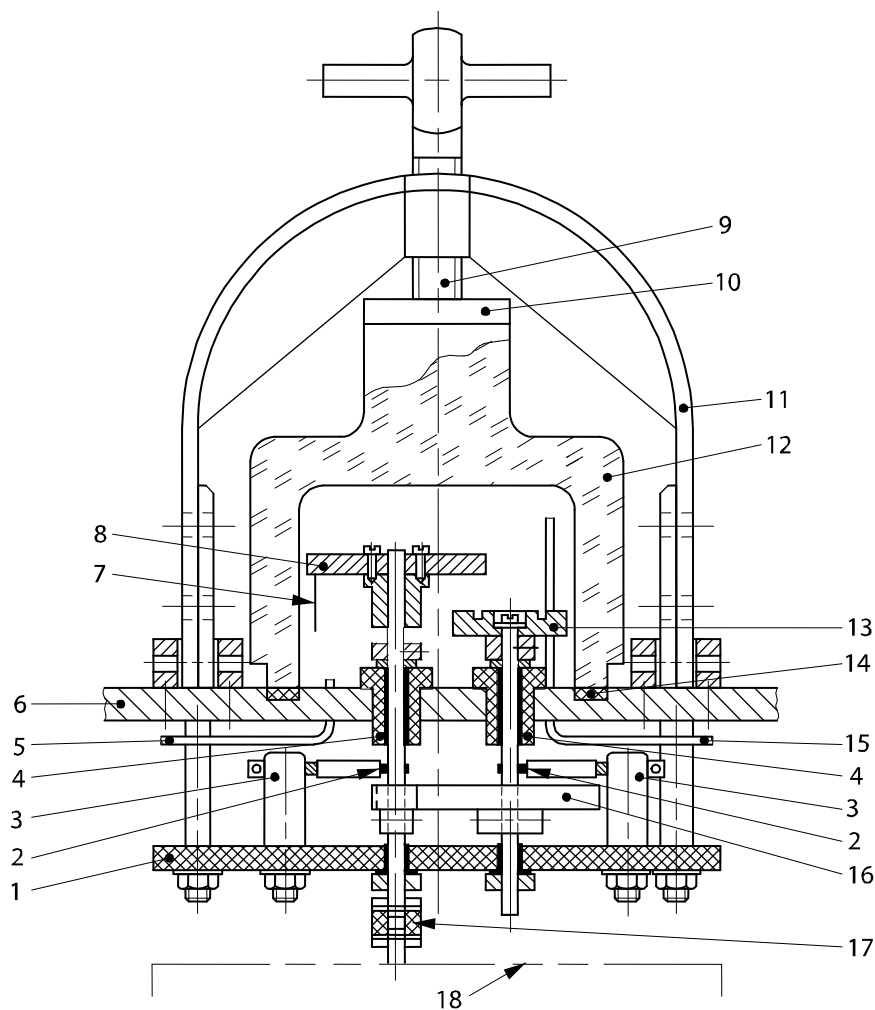


Key

- 1 Detail X, scale 10:1

Dimensions in millimetres

Figure B.3 – Wire holder

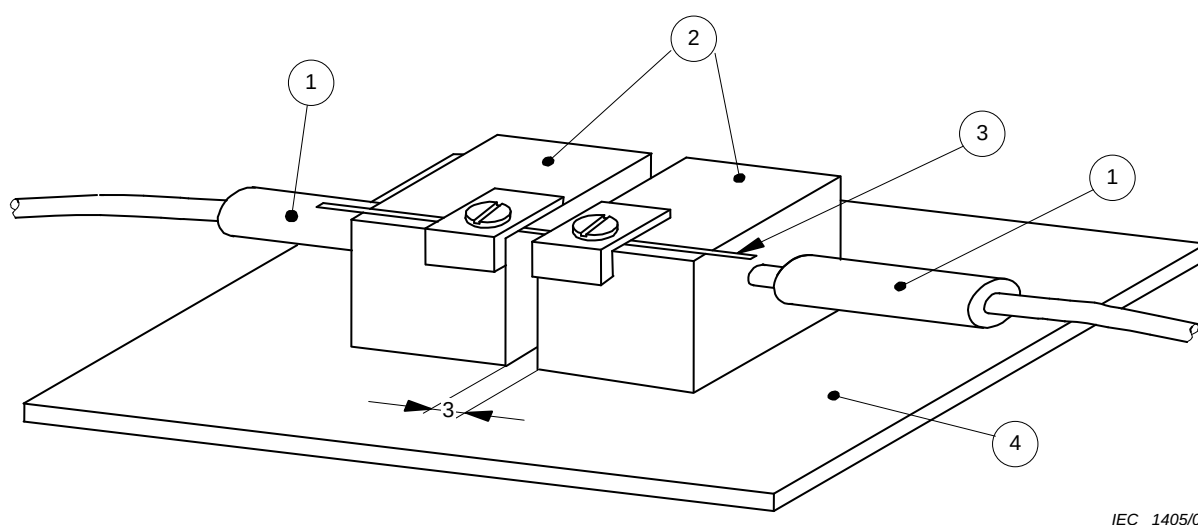


IEC 1402/06

Key

- | | |
|----------------------|--|
| 1 Insulating plate | 10 Pressure plate |
| 2 Current connection | 11 Clamp |
| 3 Insulated bolt | 12 Chamber |
| 4 Insulated bearing | 13 Cadmium contact disc |
| 5 Gas outlet | 14 Rubber seal |
| 6 Base plate | 15 Gas inlets |
| 7 Contact wire | 16 Gear wheel drive 50:12 |
| 8 Wire holder | 17 Insulated coupling |
| 9 Clamping screw | 18 Drive motor with reduction gears 80 r/min |

Figure B.4 – Example of a practical design of spark test apparatus



IEC 1405/06

Key

1 Current feed

2 Copper block

3 Tungsten wire

4 Insulating plate

NOTE Remove melted droplets with tweezers.

Figure B.5 – Arrangement for fusing tungsten wires

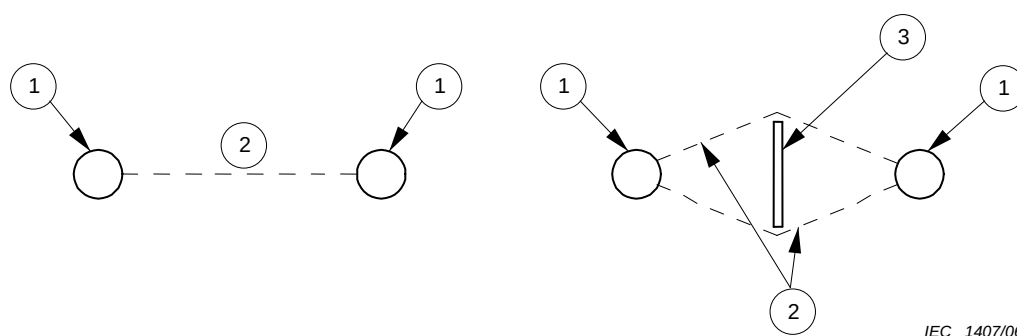
Annex C (informative)

Measurement of creepage distances, clearances and separation distances through casting compound and through solid insulation

C.1 Clearances and separation distances through casting compound and through solid insulation

The voltage to be used should be determined in accordance with 6.3.3.

The clearance is taken as the shortest distance in air between two conductive parts and, where there is an insulating part, for example a barrier, between the conductive parts, the distance is measured along the path which will be taken by a stretched piece of string as can be seen in Figure C.1.



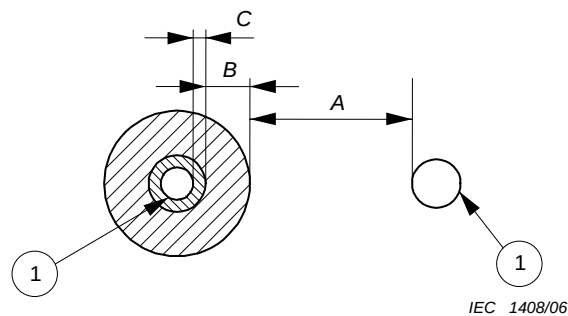
Key

- 1 Conductor
- 2 Clearance
- 3 Barrier

Figure C.1 – Measurement of clearance

Where the distance between the conductive parts is partly clearance and partly separation distance through casting compound and/or solid insulation, the equivalent clearance or separation distance through casting compound can be calculated in the following manner. The value can then be compared with the value in the relevant column of Table 5.

In Figure C.2 let *A* be the clearance, *B* be the separation distance through casting compound and *C* be the separation distance through solid insulation.



Key

1 Conductor

Figure C.2 – Measurement of composite distances

If A is less than the applicable value of Table 5, one of the following tabulations can be used. Any clearance or separation which is below one-third of the relevant value specified in Table 5 should be ignored for the purpose of these calculations.

The results of these calculations should be added and compared with the appropriate value in Table 5.

To use column 2 of Table 5, multiply the measured values by the following factors:

Voltage difference	$U < 10 \text{ V}$	$10 \text{ V} \leq U < 30 \text{ V}$	$U \geq 30 \text{ V}$
A	1	1	1
B	3	3	3
C	3	4	6

To use column 3 of Table 5, multiply the measured values by the following factors:

Voltage difference	$U < 10 \text{ V}$	$10 \text{ V} \leq U < 30 \text{ V}$	$U \geq 30 \text{ V}$
A	0,33	0,33	0,33
B	1	1	1
C	1	1,33	2

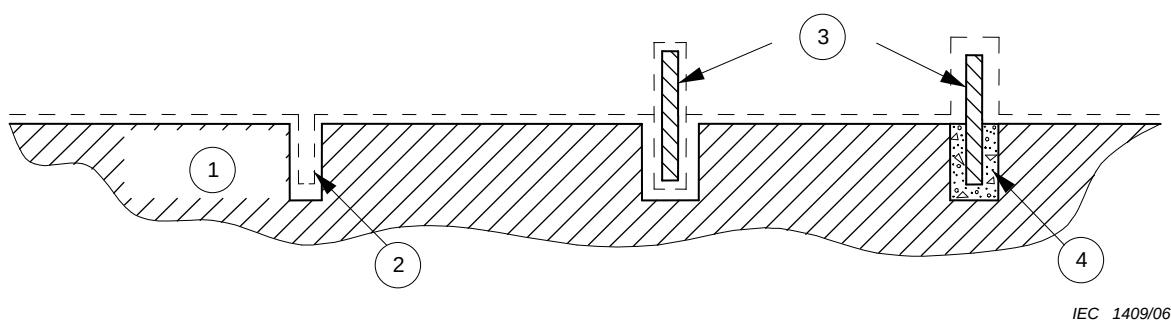
To use column 4 of Table 5, multiply the measured values by the following factors:

Voltage difference	$U < 10 \text{ V}$	$10 \text{ V} \leq U < 30 \text{ V}$	$U \geq 30 \text{ V}$
A	0,33	0,25	0,17
B	1	0,75	0,5
C	1	1	1

C.2 Creepage distances

The voltage to be used should be determined in accordance with 6.3.3.

Creepage distances have to be measured along the surface of insulation and, therefore, are measured as shown in the following sketch.



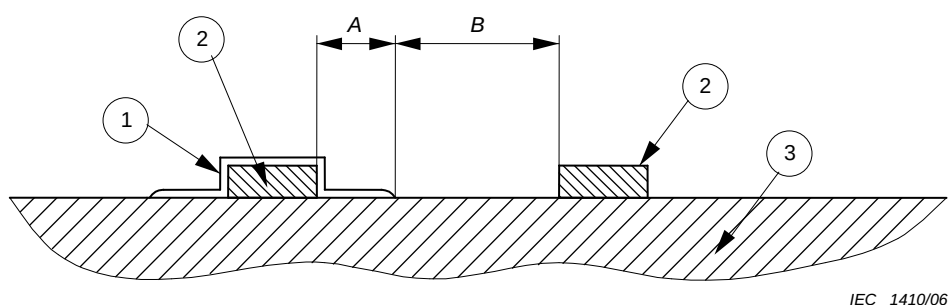
Key

- | | |
|-------------|-----------|
| 1 Substrate | 3 Barrier |
| 2 Groove | 4 Cement |

Figure C.3 – Measurement of creepage

The following measurements should be made as shown in Figure C.3:

- the creepage distance should be measured around any intentional groove in the surface, providing that the groove is at least 3 mm wide;
- where an insulating partition or barrier conforming to 6.3.2 is inserted but not cemented in, the creepage distance should be measured either over or under the partition, whichever gives the smaller value;
- if the partition described in b) is cemented in, then the creepage distance should always be measured over the partition.



Key

- | |
|-------------|
| 1 Varnish |
| 2 Conductor |
| 3 Substrate |

Figure C.4 – Measurement of composite creepage

When varnish is used to reduce the required creepage distances, and only part of the creepage distance is varnished as shown in Figure C.4, the total effective creepage distance is compared to either column 5 or column 6 of Table 5 by the following calculation: to compare to column 5 of Table 5, multiply B by 1 and A by 3; to compare to column 6 of Table 5, multiply B by 0,33 and A by 1. Then add the results together.

Annex D (normative)

Encapsulation

D.1 Adherence

A seal shall be maintained where any part of the circuit emerges from the encapsulation and therefore the compound shall adhere at these interfaces.

The exclusion of components encapsulated with casting compound from the creepage distance requirements is based upon the removal of the likelihood of contamination. The measurement of CTI is, in effect, a measurement of the degree of contamination needed to cause breakdown in a separation between conductive parts. The following assumptions emerge from this basic consideration:

- if all electrical parts and substrates are totally enclosed, that is if nothing emerges from the encapsulation, then there is no risk of contamination and hence breakdown from contamination cannot occur;
- if any part of the circuit, for example a bare or insulated conductor or component or the substrate of a printed circuit board, emerges from the encapsulation, then, unless the compound adheres at the interface, contamination can enter at that interface and cause breakdown.

D.2 Temperature

The casting compound shall have a temperature rating conforming to 6.6.

NOTE 1 All casting compounds have a maximum temperature above which they may lose or change their specified properties. Such changes may cause cracking or decomposition which could result in surfaces hotter than the outside surface of the casting compound being exposed to an explosive atmosphere.

NOTE 2 It should be noted that components which are encapsulated may be hotter or colder than they would be in free air, depending on the thermal conductivity of the casting compound.

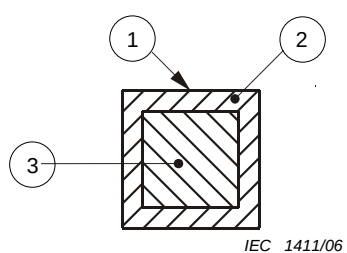


Figure D.1a – No enclosure

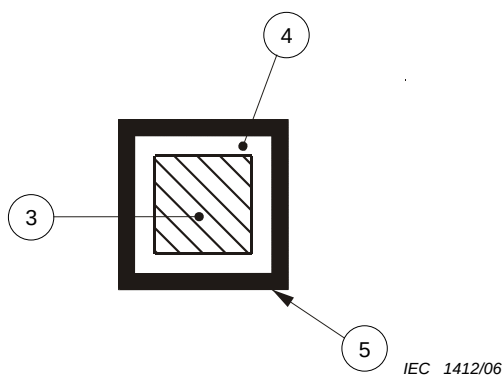


Figure D.1b – Complete enclosure

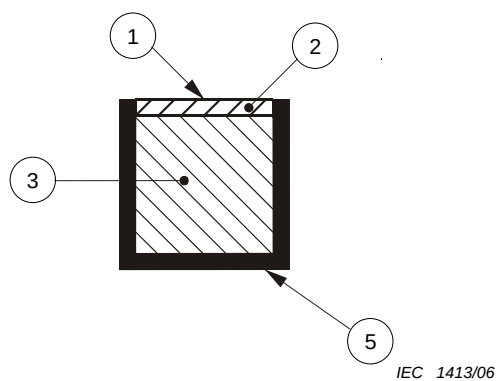


Figure D.1c – Open enclosure

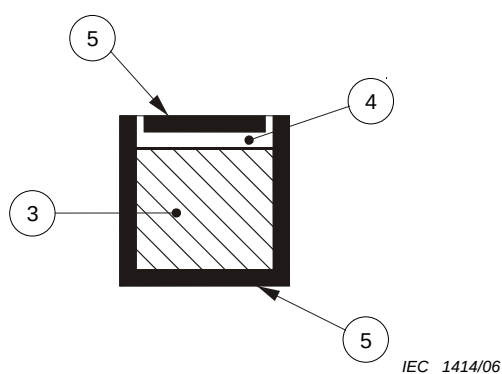
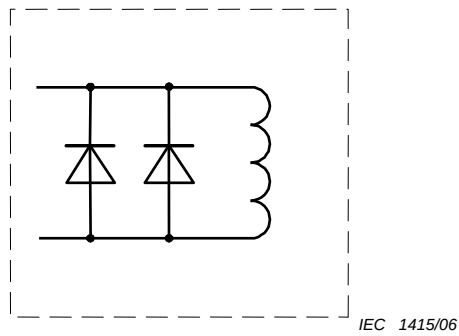


Figure D.1d – Enclosure with cover

Key

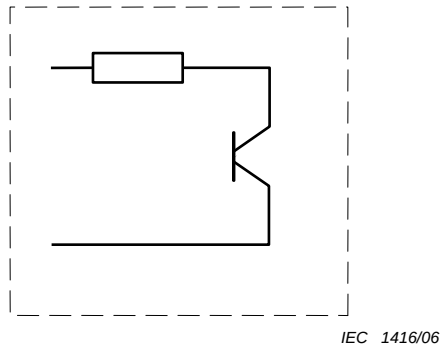
- 1 Free surface
- 2 Encapsulant – $\frac{1}{2}$ of column 3 of Table 5 with a minimum of 1,00 mm
- 3 Component – encapsulant need not penetrate
- 4 Encapsulant – no specified thickness
- 5 Metal or insulating enclosure
 - no specified thickness for metallic enclosure, but see 6.1
 - Insulation thickness shall conform to column 4 of Table 5

Figure D.1 – Examples of encapsulated assemblies conforming to 6.3.5 and 6.6



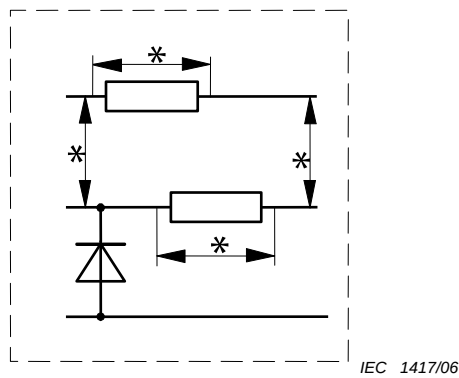
The minimum thickness to the free surface is at least $\frac{1}{2}$ the value given in column 3 of Table 5 with a minimum of 1 mm.

Figure D.2a – Mechanical



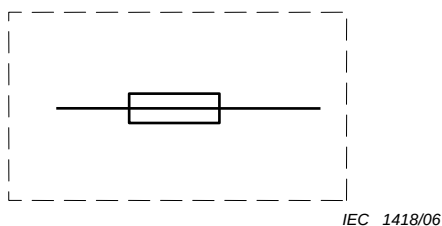
The minimum thickness is determined by external surface temperature.

Figure D.2b – Temperature



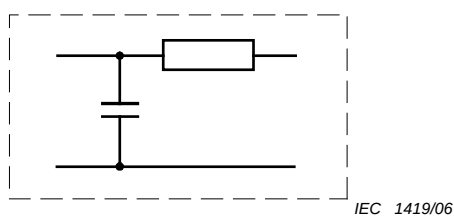
The marked separation distances comply with column 3 of Table 5, Table F.1 or Table F.2. The minimum thickness to the free surface is at least 1 mm.

Figure D.2c – Separation of circuits



The minimum thickness to the free surface is at least $\frac{1}{2}$ the value given in column 3 of Table 5 with a minimum of 1 mm.

Figure D.2d – Protection of fuses in an intrinsically safe circuit



The minimum thickness to the free surface is at least $\frac{1}{2}$ the value given in column 3 of Table 5 with a minimum of 1 mm.

Figure D.2e – Exclusion of gas

Figure D.2 – Applications of encapsulation using casting compound without an enclosure

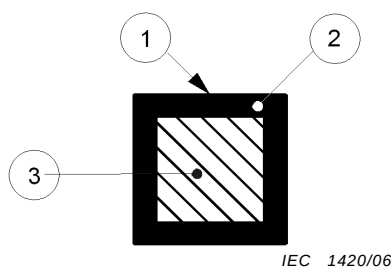


Figure D.3a – Moulding over un-mounted components

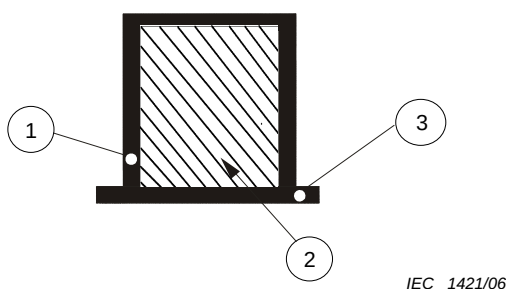


Figure D.3b – Moulding over components mounted on a printed circuit board

Key

- 1 Moulding – The moulding shall have a minimum thickness to free surface of at least Table 5, column 4, with a minimum thickness of 0,5mm
- 2 Component (e.g. fuse).
- 3 Printed circuit board with a minimum thickness of 0,5mm

Figure D.3 – Examples of assemblies using moulding conforming to 6.6

NOTE Figures D.1, D.2 and D.3 for simplicity do not show connections into and out of the assemblies. These illustrate by example parts that are important to the type of protection.

Figure D.1 illustrates some examples of assemblies using encapsulation by casting compound. These show the essential differences between clearance distances to the surface for poured casting compound and metal or solid insulation potting boxes.

Figure D.1a shows no enclosure.

Figure D.1b shows a complete enclosure.

Figure D.1c shows an open enclosure with no cover.

Figure D.1d shows an enclosure with a cover.

Figure D.2 shows some further examples of encapsulation using casting compound without an enclosure.

Figure D.2a shows mechanical protection of an inductor and its suppression components.

Figure D.2b shows the application of casting compound to reduce surface temperature.

Figure D.2c shows the separation of intrinsically safe circuits.

Figure D.2d shows the protection of fuses by casting compound in an intrinsically safe circuit.

Figure D.2e shows the application of casting compound for the exclusion of gas.

Figure D.3 illustrates some examples of assemblies using encapsulating solid insulation. These show essential requirements with respect to construction and clearance distances to the surface. The technique of encapsulating solid insulation is to mould the assembly as a single unit.

Figure D.3a shows encapsulating solid insulation over an un-mounted component such as a fuse.

The intention of Figure D.3a is to show a device such as a fuse that is moulded under pressure on all six sides all at the same time.

Figure D.3b shows encapsulating solid insulation over a component such as a fuse mounted on a printed circuit board.

Figure D.3b is intended to show that although it is similar to Figure D.3a component such as a fuse is first mounted onto a printed circuit board (item 3) before being moulded under pressure. This sometimes referred to as insert moulding.

Annex E (informative)

Transient energy test

E.1 Principle

Where the circuit may deliver a transient voltage and current, then a voltage and current higher than the values provided in Annex A may be allowable, provided it can be shown that the transient energy is limited to the values specified in 10.1.5.3. An example is when a power supply that uses a series semiconductor current-limiting switch detects a high current and shuts down, but allows a brief transient to be transferred to the load. Another example is where a voltage-detecting circuit triggers a thyristor connected in shunt across the load, but where the high voltage may be briefly present across the load before the thyristor fires.

The circuit under test should be tested with those faults applicable under 5.1 that give the most onerous energy under the conditions described in this clause.

NOTE The worst case situation may not occur at the maximum voltage. Lower voltages should also be assessed.

The principle of this test is to measure the energy for the period when the voltage and current exceed the values given in Annex A or the values known to be non-incendive when tested using the spark test apparatus as given in 10.1.

E.2 Test

The energy that may be released to the explosive atmosphere is measured by the integral of the power and time, during the period at which the voltage and current exceed the values given in Annex A or the values known to be non-ignition capable when tested with the spark test apparatus.

The circuit is tested assuming the worst possible load under the faults applicable under 5.1. Where the circuit provides power to external apparatus (for example, where a power supply with a series semiconductor current-limiting switch delivers power at its output terminals to other apparatus located in the explosive atmosphere) then the worst load may be any load between the limits of open-circuit and short-circuit.

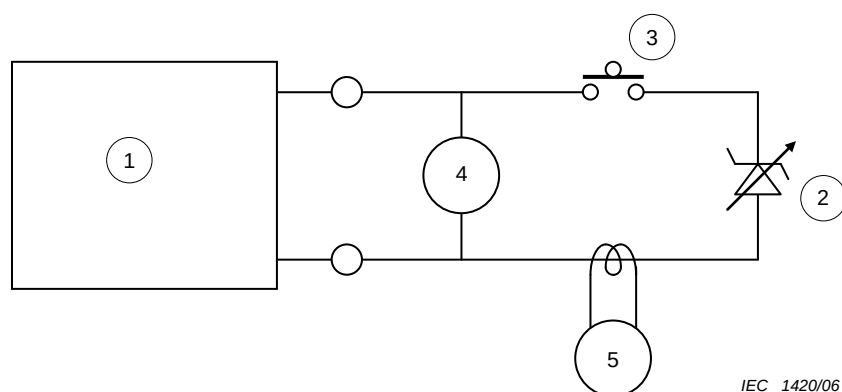
As an example, if a power supply delivers 15 V under open-circuit, and has a series current limiting switch that operates when the current exceeds 1 A, it is expected that the circuit, if connected to the worst case load of a Zener at approximately 14,5 V, would give a brief transient with current greater than 1 A before causing the current switch to operate. Zeners at voltages lower than this should also be considered for the test.

For Group IIB, the maximum allowable current at 14,5 V is 3,76 A (using Table A.1). Therefore, the test measures the product of voltage and current during the time when the current exceeds 3,76 A. The test set-up and expected voltage and current logged with a digital oscilloscope should be of the form shown in Figures E.1 and E.2.

In this case, the transient energy will need to be calculated by measuring the current to the Zener (using a current measuring clamp) and the voltage across the Zener. A set of current versus time for each value of Zener can then be measured, and the area under the plot of voltage × current versus time can be obtained. The area under the curve before the current drops to a value below which it is known as non-ignition capable can thus be obtained, with this being the transient energy test.

In other cases, the most onerous load may be a variable resistor. In this case, a set of current versus time can then be plotted for each resistive load from practically short-circuit to a resistance just less than U_o/I_o , and the integral of the power and time delivered to the resistor, can then be used to calculate the transient power delivered. This load may also be a capacitor, or inductor, depending on the output parameters specified.

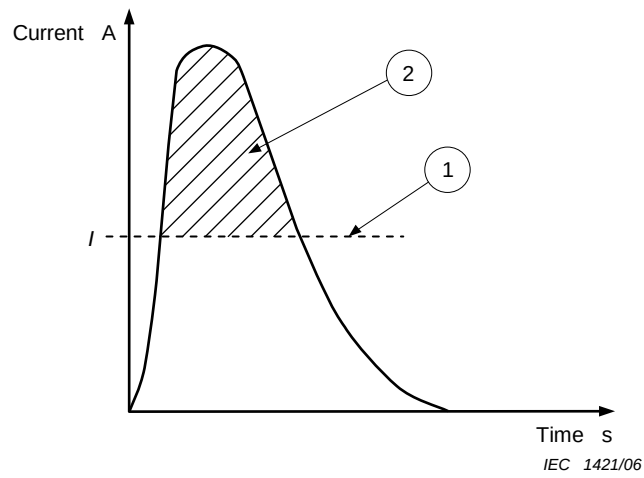
Care should be taken that the voltage and current are measured by a high speed storage oscilloscope, capable of providing a time base speed of less than 1 μ s per division. The test equipment and its connection to the circuit under test should minimize any variation of the measurands due to introduction of the test equipment. Current clamp probes and high impedance voltage measurement channels are recommended. A mercury contact tilt switch is recommended as it provides a bilateral low contact resistance mechanism, but other equivalent switches may be used.



Key

- 1 Circuit under test
- 2 Load
- 3 Mercury switch
- 4 High impedance voltmeter
- 5 Current clamp probe

Figure E.1 – Example of test circuit



Key

- 1 I is equal to the maximum permitted current by spark test or Annex A
- 2 Transmitted energy (in Joules) = V (in volts) $\times$ hatched area of the curve (in A·s)

Figure E.2 – Example of output waveform

Annex F (normative)

Alternative separation distances for assembled printed circuit boards and separation of components

F.1 General

Compliance with this annex yields reduced separation distances of conductive parts with respect to Table 5. It is applicable when a maximum pollution degree 2 affects electrical segregations under concern for:

- assembled printed circuit boards, and
- separation components, with the exception of transformers, complying with Table F.1 or F.2 depending on the level of protection.

NOTE The general requirements for separation distances of conductive parts are given in 6.3 of this standard. These are based widely on pollution degree 3 (IEC 60664-1). Conceptually, a double or reinforced insulation based on IEC 60664-1 is considered to comply with safety separation requirements of intrinsic safety level "ia" and "ib" also.

With printed circuit boards and relays and opto-couplers where either the pollution degree 2 is applicable due to installation conditions or by housing or coating with protection from ingress of dust and moisture, the requirements of this annex may offer less onerous construction requirements.

The application takes advantage of "Insulation coordination for equipment within low voltage systems" (IEC 60664-1).

Data stated in Table F.1 are valid for overvoltage category I/II/III (non-mains/mains circuits), and pollution degree 2 (no condensation when in service); they are derived from IEC 60664-1. This alternative method widely makes use of insulation coordination.

F.2 Control of pollution access

Where the pollution level to the printed circuit board assemblies or the separation components is limited to pollution degree 2 or better, reduced separation distances apply for;

- Levels of Protection "ia" and "ib" stated in Table F.1;
- Level of Protection "ic" stated in Table F.2.

Reduction of pollution degree 2 is achieved by:

- an ingress protection rating of the enclosure protecting the printed circuit board assemblies or the separation components suitable for the required installation, with a minimum of IP54 according to IEC 60529.

The enclosure shall be subjected to all the applicable requirements for enclosures as provided in IEC 60079-0 with an ingress protection rating of at minimum IP54; or

- application of conformal coating type 1 or type 2 according to IEC 60664-3, where effective ;or
- installation in a controlled environment with suitably reduced pollution; in such case the required condition of installation shall be added to the documentation provided by the manufacturer, and the symbol "X" shall be added to the marking given in IEC 60079-0.

F.3 Distances for printed circuit boards and separation of components

F.3.1 Levels of protection "ia" and "ib"

For Levels of Protection "ia" and "ib", segregation distances according to Table F.1 may be used in the cases stated in Clause F.1, provided that the circuits are limited to overvoltage category I/II/III (non mains/mains circuits) as defined in IEC 60664-1. This shall be included in the documentation provided by the manufacturer as a condition of installation. The certificate number shall include the "X" suffix in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the specific conditions of use listed on the certificate shall detail the installation requirements.

Separation distances that comply with Table F.1 shall be considered infallible and shall not be subject to failure to a lower resistance. However, where redundancy of components is required (for example two capacitors in series), separation distance of less than the full value but greater or equal to half the value according to Table F.1 shall be considered as a single countable fault; no further faults to be considered.

Distance under coating, distance through casting compound and distance through solid insulation shall be subjected to type and routine testing as required in IEC 60664-1 and IEC 60664-3, while clearance and creepage distances do not need type or routine testing. As routine tests can only be performed with galvanically separated circuits, it is considered suitable to include special test conductors in the design of the printed circuit board for conclusion that the intended manufacturing procedure (coating, potting) was successful.

Type tests shall be carried out taking into account the most onerous ambient conditions claimed for the apparatus, for example the maximum and minimum temperatures.

Composite separations as provided in 6.3.7 shall not be applied when using Table F.1.

F.3.2 Level of protection "ic"

For Level of Protection "ic", reduced segregation distances according to Table F.2 may be used, provided that the following conditions apply.

- If the rated voltage of the apparatus or the nominal voltage of any part of the apparatus being considered does not exceed 60 V peak value no separation distance requirements additional to the general industrial standards are required. Apparatus with a rated voltage of over 60 V peak up to 375 V peak shall comply with the creepage and clearance requirements in Table F.2.
- Provision shall be made, either in the apparatus or external to the apparatus, to provide that the circuits are limited to overvoltage category II as defined in IEC 60664-1.

Table F.1 – Clearances, creepage distances and separations for Level of Protection “ia” and “ib” when ingress protected, and special conditions of material and installation are fulfilled

1	2		3	4	5		6	7
Rated insulation voltage AC rms or DC Note 1 and Note 5	Clearance and creepage distance Note 2		Separation distance through casting compound	Separation distance through solid insulation	Distance under coating Coating type 1 Note 4		Distance under coating Coating type 2 Note 4	Minimum Comparative tracking index (CTI)
V	mm		mm	mm	mm		mm	
Overvoltage category Note 3	III	I / II	I / II / III	I / II / III	III	I / II	I / II / III	
10	0,5	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2	-
50	0,5	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2	100
100	1,5	0,32	0,2	0,2	0,75	0,32	0,2	100
150	3,0	1,3	0,2	0,2	1,5	0,65	0,2	175
300	5,5	3,2	0,2	0,2	2,75	1,6	0,2	175
600	8,0	6,4	0,2	0,2	4,0	3,2	0,2	275
NOTE 1 Voltage steps are based on the R10 series. The actual working voltage may exceed the value given in the table by up to 10 %.								
NOTE 2 Including components and parts on the PCB.								
NOTE 3 Overvoltage category according to IEC 60664-1.								
NOTE 4 Coating type according to IEC 60664-3.								
NOTE 5 Including any recurring peak voltage for example with DC-DC converters but transients may be neglected.								

**Table F.2 – Clearances, creepage distances and separations for Level of Protection “ic”
when ingress is protected by an enclosure or by special conditions of installation**

1	2	3	4	5	6	7
Voltage (peak value) V	Clearance mm	Separation distance through casting compound mm	Separation distance through solid insulation mm	Creepage distance mm	Distance under coating mm	Comparative tracking index (CTI)
90	0,4	0,15	0,15	1,25	0,3	100
190	0,5	0,3	0,3	1,5	0,4	175
375	1,25	0,3	0,3	2,5	0,85	175
>375	*	*	*	*	*	*
NOTE 1 For distances marked ‘*’, no values are available presently.						
NOTE 2 Evidence of compliance with the CTI requirements of insulating materials should be provided by the manufacturer.						

Annex G (normative)

Fieldbus intrinsically safe concept (FISCO) – Apparatus requirements

G.1 Overview

This annex contains the details of the construction of apparatus for use with the Fieldbus Intrinsically Safe Concept (FISCO). It is based on the concepts of Manchester encoded, bus powered systems designed in accordance with IEC 61158-2 which is the physical layer standard for Fieldbus installations.

The constructional requirements of FISCO apparatus are determined by this standard except as modified by this annex. Part of a Fieldbus device may be protected by any of the methods of explosion protection listed in IEC 60079-0, appropriate to the EPL or Zone of intended use. In these circumstances, the requirements of this annex apply only to that part of the apparatus directly connected to the intrinsically safe trunk or spurs.

NOTE 1 Certification to the FISCO requirements does not prevent apparatus also being certified and marked in the conventional manner so that they may be used in other systems.

NOTE 2 A typical system illustrating the types of FISCO apparatus is shown in Figure G.1.

G.2 Apparatus requirements

G.2.1 General

Apparatus shall be constructed in accordance with this standard except as modified by this annex.

The apparatus documentation shall confirm that each apparatus is suitable for use in a FISCO system in accordance with IEC 60079-25.

G.2.2 FISCO power supplies

G.2.2.1 General

The power supply shall either be resistive limited or have a trapezoidal or rectangular output characteristic. The maximum output voltage U_0 shall be in the range 14 V to 17,5 V under the conditions specified in this standard for the respective level of protection.

The maximum unprotected internal capacitance C_i and inductance L_i shall be not greater than 5 nF and 10 μ H, respectively.

The output circuit from the power supply may be connected to earth.

G.2.2.2 Additional requirements of 'ia' and 'ib' FISCO power supplies

The maximum output current I_0 for any 'ia' or 'ib' FISCO power supply shall be determined in accordance with this standard but shall not exceed 380 mA. For rectangular supplies, Table G.1 may be used for assessment.

Table G.1 – Assessment of maximum output current for use with 'ia' and 'ib' FISCO rectangular supplies

U_o V	Permissible current, for IIC (includes 1,5 safety factor) mA	Permissible current, for IIB (includes 1,5 safety factor) mA
14	183	380
15	133	354
16	103	288
17	81	240
17,5	75	213
NOTE The two largest current values for IIB are derived from 5,32 W		

The maximum output power P_o shall not exceed 5,32 W.

G.2.2.3 Additional requirements of 'ic' FISCO power supplies

The maximum output current I_o for an 'ic' FISCO power supply shall be determined in accordance with this standard. For 'ic' FISCO rectangular supplies Table G.2 may be used for assessment.

Table G.2 – Assessment of maximum output current for use with 'ic' FISCO rectangular supplies

U_o V	Permissible current, for IIC mA	Permissible current, for IIB mA
14	274	570
15	199	531
16	154	432
17	121	360
17,5	112	319
NOTE The maximum output power P_o from 'ic' FISCO power supplies is not restricted		

G.3 FISCO field devices

G.3.1 General

These requirements apply to apparatus other than the power supply, terminators and simple apparatus connected to the intrinsically safe bus whether installed inside or outside the hazardous area.

The requirements are as follows:

- field devices shall have minimum input voltage parameter of U_i : 17,5 V;
- the bus terminals shall be isolated from earth in accordance with this standard;
- the bus terminals of separately powered field devices shall be galvanically isolated from other sources of power in accordance with this standard, so as to ensure that these terminals remain passive and multiple earthing of the bus is avoided;
- the maximum unprotected internal capacitance C_i of each field device shall not be greater than 5 nF. No specification of the input and internal parameters is required on the certificate or label;

- e) under normal or fault conditions as specified in this standard the bus terminals shall remain passive, that is the terminals shall not be a source of energy to the system except for a leakage current not greater than 50 μA ;
- f) field devices shall be allocated a level of protection and be suitable for Equipment Group I, IIC or III or any combination of these groups;
- g) Group IIC field devices intended to be installed within the hazardous area shall be temperature classified. Group III devices intended to be installed in the hazardous area shall be allocated a maximum surface temperature.

G.3.2 Additional requirements of 'ia' and 'ib' FISCO field devices

The additional requirements of 'ia' and 'ib' FISCO field devices are as follows:

- a) field devices shall have minimum input parameters of I_i :380 mA and P_i : 5,32 W;
- b) field devices shall have a internal inductance L_i not greater than 10 μH .

G.3.3 Additional requirement of 'ic' FISCO field devices

The additional requirement of 'ic' FISCO field devices is that they shall have an internal inductance L_i not greater than 20 μH .

G.3.4 Terminator

The line terminators required by the system shall comprise a resistor-capacitor combination, which presents at its terminals a circuit equivalent to a resistor of minimum value 90 Ω in series with a capacitor of maximum value 2,2 μF (including tolerances).

NOTE 1 IEC 61158-2 specifies the component values necessary for operational reasons.

- a) The terminator shall;
- b) be allocated a level of protection
- c) be suitable for Equipment Group I, II or III or any combination of these groups;
 - 1) Group IIC field devices intended to be installed within the hazardous area shall be temperature classified.
 - 2) Group III field devices intended to be installed in the hazardous area shall be allocated a maximum surface temperature.
- d) If the capacitive component(s) are considered to be able to fail to create a short circuit then the required power rating of the resistors is 5,1 W;
- e) have an input voltage parameter U_i not less than 17,5 V;
- f) be isolated from earth in accordance with this standard; and,
- g) have a maximum unprotected internal inductance L_i not greater than 10 μH ;

NOTE 2 The terminators may be incorporated within field devices or power supplies.

NOTE 3 For safety assessment purposes, the effective capacitance, C_i , of the terminator is considered not to affect the intrinsic safety of the system.

G.3.5 Simple apparatus

The requirement of simple apparatus used in an intrinsically safe system is that the apparatus shall comply with this standard. Additionally the total inductance and capacitance of each simple apparatus connected to a FISCO system shall not be greater than 10 μH and 5nF respectively.

NOTE Care should be taken in temperature classifying or allocating a maximum surface temperature to simple apparatus within an 'ia' or 'ib' system since the maximum power available may be as high as 5,32 W. Temperature classification of an 'ic' system is done in normal operation.

G.4 Marking

Each piece of apparatus shall be marked with the word “FISCO” followed by an indication of its function, i.e. power supply, field device or terminator. In addition, each piece of apparatus shall be marked in accordance with IEC 60079-11, except where modified by this annex. For example, the manufacturer’s name and address shall still be marked.

Where apparatus is dual marked so that it can be used in both a FISCO system and a conventional intrinsically safe system, care shall be taken to differentiate between the FISCO marking and the marking for the conventional intrinsically safe system.

For FISCO power supplies, output parameters U_0 , I_0 , C_0 , L_0 , P_0 and L_0/R_0 need not be marked. For FISCO field devices or terminators, input and internal parameters U_i , I_i , C_i , L_i , P_i and L_i/R_i need not be marked.

G.4.1 Examples of marking

a) Power supply

FISCO power supply

U_m : 250 V

[Ex ia] IIC

John Jones Ltd

SW99 2AJ UK

Type: DRG OOI

$-20\text{ °C} \leq T_a \leq +50\text{ °C}$

PTB Nr 01A 2341

Serial No. 014321

b) Field device

FISCO field device

Ex ia IIC T4

Paul McGregor plc

GL99 1JA UK

Type: RWS 001

$-20\text{ °C} \leq T_a \leq +60\text{ °C}$

c) Terminator

FISCO terminator

Ex ia IIC T4

James Bond plc

MK45 6BY UK

Type MI5 007

BAS 01 A 4321

Serial No. 012345

d) Dual marked field device

A McTavish plc

GL 98 1BA UK

Type RWS 002

$-20\text{ °C} \leq T_a \leq +60\text{ °C}$

INERIS 02 A 2345

Serial No. 060128

FISCO Field device

Ex ia IIC T4

Ex ia IIC T6

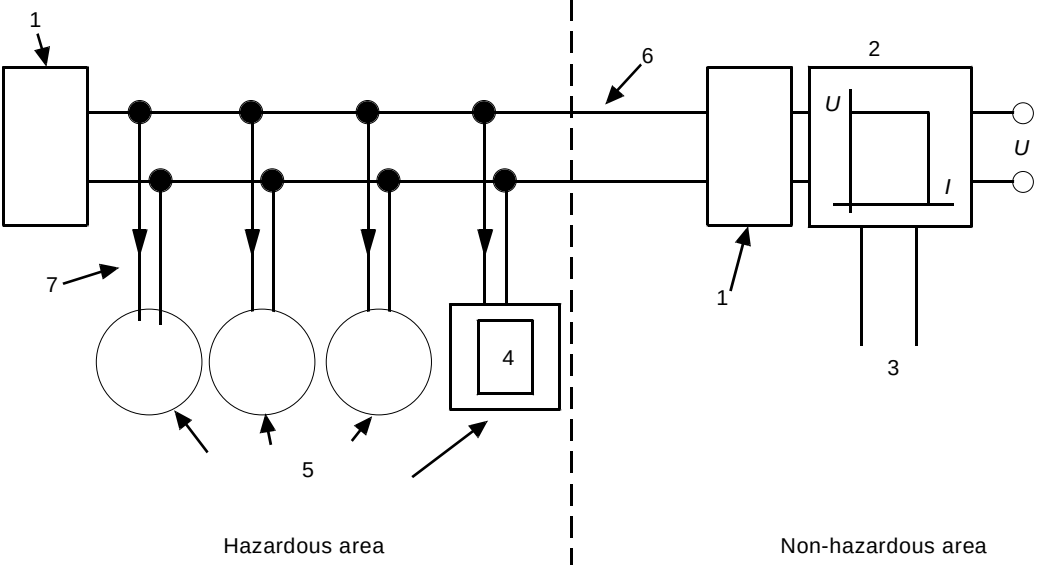
U_i : 28 V

C_i : 3 nF

I_i : 200 mA

L_i : 10 µH

P_i : 1,2 W



IEC 1139/11

Key

- | | |
|----------------------|-----------------|
| 1 Terminator | 5 Field devices |
| 2 Power supply | 6 Trunk |
| 3 Data | 7 Spur |
| 4 Hand held terminal | |

Figure G.1 – Typical system

Annex H (informative)

Ignition testing of semiconductor limiting power supply circuits

H.1 Overview

Power supplies are an essential item in any electrical circuit. Where the power is supplied to intrinsically safe circuits located in hazardous areas, the output of the power supply should be intrinsically safe.

NOTE 1 For the purposes of this annex, the term 'power supply' is a generic term. It may be dedicated equipment that provides intrinsically safe power, and it also may be a current regulator or a voltage enhancement circuit within equipment.

NOTE 2 This annex refers only to the intrinsically safe output of the power supply.

The earliest intrinsically safe power supplies consisted of an infallible transformer, rectifier, smoothing capacitor, followed by a current limiting resistor to limit the maximum output current. The output voltage was the voltage on the smoothing capacitor under no load conditions, or the voltage across the shunt connected Zener diodes that limit the maximum output voltage.

The curves and tables in Annex A are based on the voltages, currents, capacitances and inductances tested on the spark test apparatus using such simple power supply circuits, with no ignitions permitted for 400 revolutions of the spark test apparatus using 4 tungsten wires with cadmium disk. Mathematically, assuming that 1 600 sparks have occurred, it means that the probability of ignition (based on number of ignitions obtained) on an opening or closing of the output connections of the power supply is less than $6,25 \times 10^{-04}$. Actually, due to the bouncing of the tungsten wire on the cadmium disk, and due to the slots on the cadmium disk, the number of sparks is much higher. Therefore, the actual probability of ignition is lower.

Based on empirical data, it has been seen that a plot of logarithmic of probability of ignition versus the logarithmic of current in the circuit shows a linear relationship (see Figure H.1). Based on the requirements of this standard, power supplies (for "ia" and "ib") are considered in compliance with the standard only if they are spark tested using 1,5 times the current that they would normally provide, with the test gas being that specified for the particular group.

Based on the relationship of probability and current described above, such a power supply would have, at normal current, a probability of ignition lesser than $1,16 \times 10^{-06}$.

In summary, only such power supplies are considered satisfactory that provide a probability of ignition on an opening or closing of the output connections of the power supply at normal current and voltage of less than $1,16 \times 10^{-06}$.

Later developments in the design of power supplies introduced complex circuits that provide intrinsic safety not only by the limitation of current, voltage, inductance and capacitance, but also by the use of artificial limitation of discharge duration or limitation of voltage changing at switch contacts. Conventional tests using the spark test apparatus became unsatisfactory due to several reasons:

- it is not easily possible to increase the current or voltage in the power supply to provide the necessary 1,5 safety factor, as the circuits in most cases cannot be easily altered,
- the supply cannot deliver the increased current or voltage due to limitations in the rating of its components,
- changes made to the power supply to provide an increase in the current or voltage alters its timing circuits and hence changes its circuit performance

In such cases, it was generally considered satisfactory to provide the safety factor by increasing the sensitivity of the test gas mixture, using the mixtures specified as 'safety factor 1,5'. The intention was that the power supply would be tested with the increased safety factor of the test gas mixture to show that no ignition took place in the 400 revolutions of the spark test apparatus, hence proving that the ignition probability was less than $6,25 \times 10^{-04}$. It was hence assumed that under normal conditions, the ignition probability would be less than $1,16 \times 10^{-06}$.

However, it has been found that in some cases, that although the power supply has been tested for the ignition probability of less than $6,25 \times 10^{-04}$ with the gas mixture of safety factor 1,5, it did not provide the ignition probability of $1,16 \times 10^{-06}$ at normal conditions because the power supply did not follow the linear relationship of logarithmic of ignition probability with logarithmic of current. This has caused concern, and such power supplies are not considered as providing an 'acceptably low probability of ignition' at normal current.

This annex provides the test methods for testing such complex power supplies; a test gas mixture with increased sensitivity is used to achieve the safety factor (see 10.1.3.2).

It requires testing using a test gas with safety factor of 1,5, and ensuring that no ignition takes place in 400 revolutions. This test is done to ensure that the normative requirements of this Standard, as specified in 10.1.4, are followed.

It then requires further tests to ensure that the circuit exhibits a relationship between probability of ignition and safety factor of the test gas to ensure that at normal current and unity safety factor gas, the acceptably low ignition of $1,16 \times 10^{-06}$ is achieved. This is done by testing the power supply with gas mixtures with safety factors of $SF_x = 1,5$, $SF_y = 2,0$, $SF_z = 2,5$. The plot of probability of ignition and safety factor on a log-log scale is taken. It is tested that either no ignition has taken place at these safety factors, or if ignitions have taken place, the slope of the semiconductor limited power supply is greater than that for simple circuits. Also, that the slope of the semiconductor limited supply continues to increase as the safety factor is reduced, hence ensuring that at normal current and unity safety factor, the ignition probability is less than that for a simple circuit, that is, less than $1,16 \times 10^{-06}$.

This annex is suitable for semiconductor current or voltage limited power supplies that limit or shut the current when the current or voltage limit is exceeded, but recover sufficiently rapidly between the successive strikes or opening of the wire and disc of the spark test apparatus so that they regain normal operation before the next strike or opening of the wire. This annex is not suitable for supplies that switch off for extended periods when the current or voltage is exceeded. In such cases, Annex E may be applicable.

H.2 Test

The power supply should be tested using the spark test apparatus for the following cases:

- 400 revolutions using test gas mixture providing a safety factor of 1,5, with no ignitions observed; and
- further tests as provided in Table H.1, to ensure that the probability of ignition at unity safety factor would be acceptable and lower than that for a simple circuit.

Some of the gas mixtures suitable for the above tests, and the corresponding calibrating currents using the standard 24V 95 mH calibrating circuit are provided in Table H.2.

Reference to DUT in the test sequence of Table H.1 refers to device under test. It is the power source within the equipment, with faults applied as per the level of protection, and the voltage and current set at the maximum values within the tolerances of the circuit components. Safety factors are not applied to the current or voltage, because these are applied to the test gases.

Where the test sequence described in Table H.1 requires the use of a simple circuit, it will be made up of a laboratory power supply with a voltage set at the U_o of the DUT, and short circuit current limited to I_o of the DUT by use of a series low-inductance current limiting resistor.

Table H.3 is an example of a circuit that passes the test sequence of Table H.1. The plot of this circuit is provided in Figure H.1, labelled 'Pr – Table H.3 – PASS'. When the plot of this circuit is compared with the plot for a simple circuit, labelled 'Pr – Simple Circuit', it shows that while there are more ignitions when the safety factor is higher, at 1,67 and 2,5, but as the safety factor is reduced, the probability reduces faster than for a simple circuit, and therefore has an acceptably low figure as the safety factor would drop to unity.

Table H.4 is an example of a circuit that does not pass the test sequence of Table H.1. The plot of this circuit is provided in Figure H.1, labelled 'Pr – Table H.4 – FAIL'. When the plot of this circuit is compared with the plot for a simple circuit, labelled 'Pr – Simple Circuit', it shows that while there are less ignitions when the safety factor is higher, at 1,67 and 2,5, but as the safety factor is reduced, the probability does not reduce faster than for a simple circuit, and therefore it does not slope to an acceptably low figure as the safety factor would drop to unity.

Table H.1 – Sequence of tests

Step #	Description	Column 'x'	Column 'y'	Column 'z'
1	Target safety factor	1,5	1,67 to 2,0	2,0 to 2,5
2	Determination of target calibration current for 24 V 95 mH calibration circuit	$\frac{(\text{calibration_current_provided_in_Table7})}{(\text{Target_Safety_Factor})}$	$\frac{(\text{calibration_current_provided_in_Table7})}{(\text{Target_Safety_Factor})}$	$\frac{(\text{calibration_current_provided_in_Table7})}{(\text{Target_Safety_Factor})}$
3	Test gas used	Use Table H.2 if useful	Use Table H.2 if useful	Use Table H.2 if useful
4	Calibration current achieved	Measure using 24V 95mH calibration circuit	Measure using 24V 95mH calibration circuit	Measure using 24V 95mH calibration circuit
5	Safety factor achieved (should be within range specified in Step 1)	$SFx = \frac{(\text{Calibration_current_provided_in_Table7})}{(\text{Calibration_Current_Achieved})}$	$SFy = \frac{(\text{Calibration_current_provided_in_Table7})}{(\text{Calibration_Current_Achieved})}$	$SFz = \frac{(\text{Calibration_current_provided_in_Table7})}{(\text{Calibration_Current_Achieved})}$
6	Number of revolutions for DUT (Device Under Test)	4000	400	40
7	Number of sparks assumed for above number of revolutions	16 000	1 600	160
8	DUT tested for number of revolutions at Step 6 and number of ignitions obtained	Nx	Ny	Nz
9	Probability based on number of ignitions per spark obtained	$Px = \frac{Nx}{16000}$	$Py = \frac{Ny}{1600}$	$Pz = \frac{Nz}{160}$
10	Possible compliance result	If either Px = 0, or Py = 0, or Pz = 0, the DUT has passed. If all are not 0, then continue to Step 11		
11	Simple circuit (made up of laboratory power supply and current limiting resistor) tested as provided in Step 8 above, and number of ignitions obtained	Na	Nb	Nc
12	Probability based on number of ignitions per spark obtained for the simple circuit	$Pa = \frac{Na}{16000}$	$Pb = \frac{Nb}{1600}$	$Pc = \frac{Nc}{160}$
13	Compliance calculation	The DUT has passed if the following conditions are met: (log Px) ≤ (log Pa), or Px ≤ Pa		

Step #	Description	Column 'x'	Column 'y'	Column 'z'
		$(\log Py - \log Px) \geq (\log Pb - \log Pa), \text{ or } \frac{Py}{Px} \geq \frac{Pb}{Pa}$ $\frac{(\log Py - \log Px)}{(\log SFy - \log SFx)} \geq \frac{(\log Pz - \log Py)}{(\log SFz - \log SFy)}, \text{ or } \left(\frac{Py}{Px}\right)^{\log \frac{SFz}{SFy}} \geq \left(\frac{Pz}{Py}\right)^{\log \frac{SFy}{SFx}}$		

**Table H.2 – Safety factor provided by several explosive test mixtures
that may be used for the tests in Table H.1**

	Compositions of explosive test mixtures, % by volume in the air	Current in the calibration circuit, mA	Safety factor for group and subgroup of electrical equipment			
			I	IIA	IIB	IIC
	(8,3 ± 0,3) % methane	110-111	1			
	(5,25 ± 0,25)% propane	100-101	1,089-1,11	1		
	(52 ± 0,5) % hydrogen	73-74	1,49-1,52	1,35-1,38		
	(48 ± 0,5) % hydrogen	66-67	1,64-1,68	1,49-1,53		
	(7,8 ± 0,5) % ethylene	65-66	1,67-1,7	1,52-1,55	1	
	(38 ± 0,5) % hydrogen	43-44	2,5-2,58	2,27-2,35	1,47-1,53	
	(21 ± 2) % hydrogen	30-30,5	3,6-3,7	3,27-3,36	2,13-2,2	1
	(60 ± 0,5)% hydrogen/ (40 ± 0,5)% oxygen	20-21	5,23-5,55	4,76-5,05	3,09-3,3	1,42-1,53
	(70 ± 0,5)% hydrogen/ (30 ± 0,5)% oxygen under the pressure of 0,22 MPa	15-15,3	-	-	-	1,96-2,03

Table H.3 – Example of a Group I circuit with characteristics described by Curve II of Figure H.1 – This passes the test sequence of Table H.1

Step #	Description	Column 'x'	Column 'y'	Column 'z'
1	Target safety factor	1,5	1,67 to 2,0	2,0 to 2,5
2	Determination of target calibration current for 24 V 95 mH calibration circuit	$\frac{110_mA}{(1.5)} = 73\text{ mA}$	$\frac{110_mA}{(1.67_to_2.0)} = 66\text{ to }55\text{ mA}$	$\frac{110_mA}{(2.0_to_2.5)} = 55\text{ to }44\text{ mA}$
3	Test gas used	52 % H ₂ ; 48 % air	48 % H ₂ ; 52 % air	38 % H ₂ ; 62 % air
4	Calibration current achieved	73 mA	66 mA	44 mA
5	Safety factor achieved (should be within range specified in Step 1)	$SFx = \frac{(110_mA)}{(73_mA)} = 1,5\text{ Okay}$ Log SFx = 0,17609	$SFy = \frac{(110_mA)}{(66_mA)} = 1,67\text{ Okay}$ Log SFy = 0,22272	$SFz = \frac{(110_mA)}{(44_mA)} = 2,5\text{ Okay}$ Log SFz = 0,39794
6	Number of revolutions for DUT (Device under test)	4 000	400	40
7	Number of sparks assumed for above number of revolutions	16 000	1 600	160
8	DUT tested for number of revolutions at Step 6 and number of ignitions obtained	Nx = 1 ignition	Ny = 9 ignition	Nz = 80 ignition
9	Probability based on number of ignitions per spark obtained	$Px = \frac{1}{16000} = 6,25 \times 10^{-5}$ Log Px = -4,20412	$Py = \frac{9}{1600} = 5,6 \times 10^{-3}$ Log Py = -2,25181	$Pz = \frac{80}{160} = 5,0 \times 10^{-1}$ Log Pz = -0,30103
10	Possible compliance result	Px ≠ 0, Py ≠ 0, Pz ≠ 0, therefore continue to Step 11		
11	Simple circuit (made up of laboratory power supply and current limiting resistor) tested as provided in Step 8 above, and number of ignitions obtained	Na = 10 ignitions	Nb = 3 ignitions	Nc = 32 ignitions
12	Probability based on number of ignitions per spark obtained for the Simple circuit	$Pa = \frac{10}{16000} = 6,25 \times 10^{-4}$ Log Pa = -3,20412	$Pb = \frac{3}{1600} = 1,88 \times 10^{-3}$ Log Pb = -2,72584	$Pc = \frac{32}{160} = 2,0 \times 10^{-1}$ Log Pc = -0,69897
13	Compliance calculation	The DUT has passed because: (log Px) ≤ (log Pa)? Yes, because -4,20412 < -3,20412		

Step #	Description	Column 'x'	Column 'y'	Column 'z'
		$(\log Py - \log Px) \geq (\log Pb - \log Pa)?$ Yes, because $(-2,25181 + 4,20412 = +1,95231) > (-2,72584 + 3,20412 = +0,47828)$ $\frac{(\log Py - \log Px)}{(\log SFy - \log SFx)} \geq \frac{(\log Pz - \log Py)}{(\log SFz - \log SFy)} ?$ Yes, because $\left\{ \frac{(-2,25181 + 4,20412)}{(0,22272 - 0,17609)} = 41,868 \right\} \geq \left\{ \frac{(-0,30103 + 2,25181)}{(0,39794 - 0,22272)} = 11,1333 \right\}$		

Table H.4 – Example of a Group I circuit with characteristics described by Curve III of Figure H.1 – This does not pass the test sequence of Table H.1

Step #	Description	Column 'x'	Column 'y'	Column 'z'
1	Target_safety_factor	1,5	1,67 to 2,0	2,0 to 2,5
2	Determination of target calibration current for 24 V 95 mH calibration circuit	$\frac{110_mA}{(15)} = 73\text{ mA}$	$\frac{110_mA}{(167_to_2,0)} = 66\text{ to }55\text{ mA}$	$\frac{110_mA}{(2,0_to_2,5)} = 55\text{ to }44\text{ mA}$
3	Test_gas_used	52 % H ₂ ; 48 % air	48 % H ₂ ; 52 % air	38 % H ₂ ; 62 % air
4	Calibration_current_achieved	73 mA	66 mA	44 mA
5	Safety factor achieved (should be within range specified in Step 1)	$SFx = \frac{(110_mA)}{(73_mA)} = 1,5$ Okay Log SFx = 0,17609	$SFy = \frac{(110_mA)}{(66_mA)} = 1,67$ Okay Log SFy = 0,22272	$SFz = \frac{(110_mA)}{(44_mA)} = 2,5$ Okay Log SFz = 0,39794
6	Number of revolutions for DUT (Device under test)	4 000	400	40
7	Number of sparks assumed for above number of revolutions	16 000	1 600	160
8	DUT tested for number of revolutions at Step 6 and number of ignitions obtained	Nx = 6 ignition	Ny = 1 ignition	Nz = 1 ignition
9	Probability based on number of ignitions per spark obtained	$Px = \frac{(6)}{16000} = 3,75 \times 10^{-4}$ Log Px = -3,42597	$Py = \frac{1}{1600} = 6,25 \times 10^{-4}$ Log Py = -3,20412	$Pz = \frac{1}{160} = 6,25 \times 10^{-3}$ Log Pz = -2,20412
10	Possible compliance result	Px ≠ 0, Py ≠ 0, Pz ≠ 0, therefore continue to Step 11		
11	Simple circuit (made up of laboratory power supply and current limiting resistor) tested as provided in Step 8 above, and number of ignitions obtained	Na = 10 ignitions	Nb = 3 ignitions	Nc = 32 ignitions
12	Probability based on number of ignitions per spark obtained for the simple circuit	$Pa = \frac{10}{16000} = 6,25 \times 10^{-4}$ Log Pa = -3,20412	$Pb = \frac{3}{1600} = 1,88 \times 10^{-3}$ Log Pb = -2,72584	$Pc = \frac{32}{160} = 2,0 \times 10^{-1}$ Log Pc = -0,69897
13	Compliance calculation	The DUT has not passed because: (log Px) ≤ (log Py)? Yes, because -3,42597 < -3,20412		

Step #	Description	Column 'x'	Column 'y'	Column 'z'
		$(\log Py - \log Px) \geq (\log Pb - \log Pa)?$ NO, because $(-3,20412+3,42597 = +0,22185)$ not greater than $(-2,72584+3,20412 = +0,47828)$ $\frac{(\log Py - \log Px)}{(\log SFy - \log SFx)} \geq \frac{(\log Pz - \log Py)}{(\log SFz - \log SFy)}?$ NO, because $\left\{ \frac{(-3,20412 + 3,42597)}{(0,22272 - 0,17609)} = 4,75766 \right\}$ not greater than $\left\{ \frac{(-2,20412 + 3,20412)}{(0,39794 - 0,22272)} = 5,70711 \right\}$		

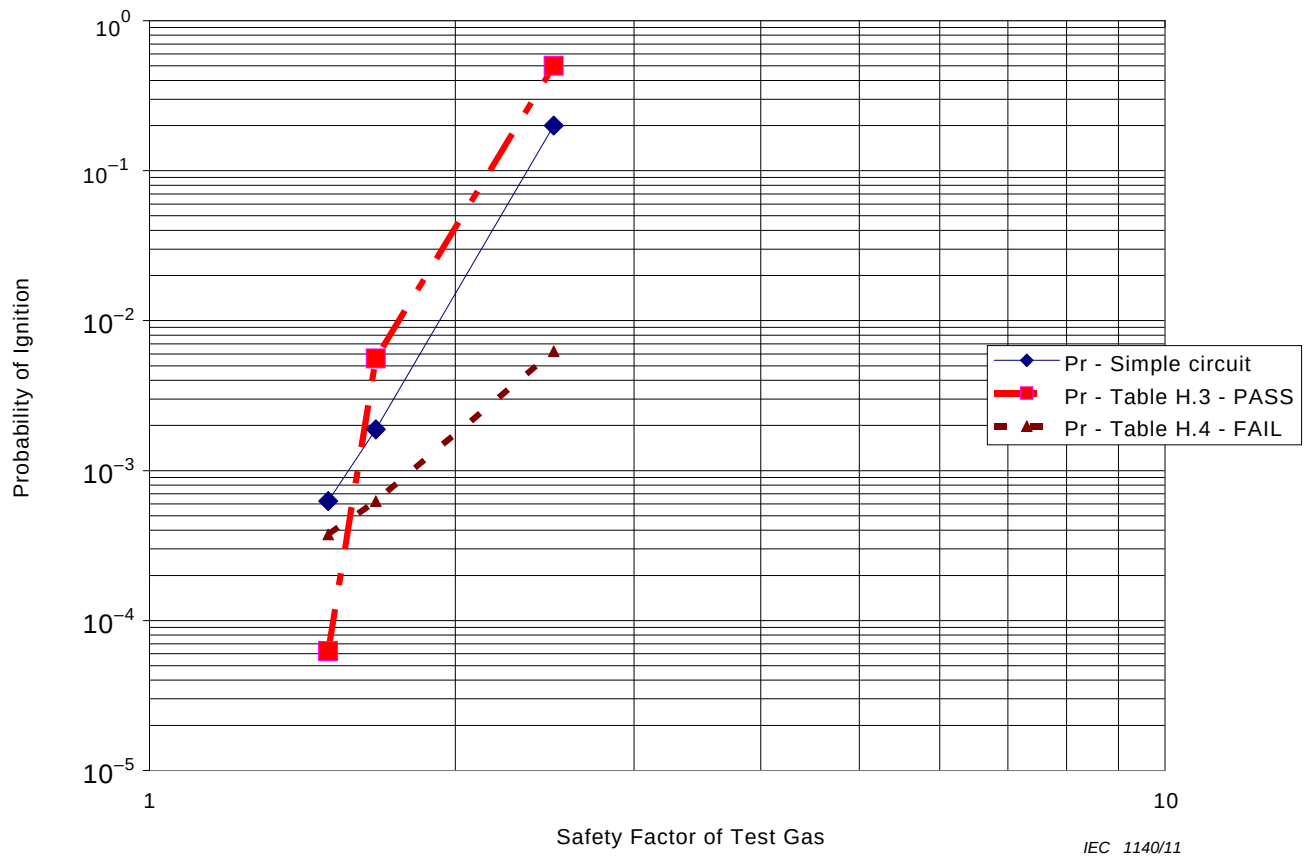


Figure H.1 – Safety factor vs ignition probability

Bibliography

IEC 60050-426:1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 426: Equipment for explosive atmospheres*

IEC 60079-15, *Explosive atmospheres – Part 15: Equipment protection by type of protection "n"*

IEC 61086-1:2004, *Coatings for loaded printed wire boards (conformal coatings) – Part 1: Definitions, classification and general requirements*

IEC 62133, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications*

IPC 2152, *Standard for Determining Current Carrying Capacity in Printed Board Design*

UL1642, *Standard for Lithium Batteries*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	148
1 Domaine d'application	150
2 Références normatives	157
3 Termes et définitions	158
4 Groupement et classification des matériels à sécurité intrinsèques et des matériels associés	163
5 Exigences de conformité des modes de protection et d'inflammation des matériels électriques	163
5.1 Généralités	163
5.2 Niveau de protection «ia»	164
5.3 Niveau de protection «ib»	164
5.4 Niveau de protection «ic»	165
5.5 Conformité à l'inflammation à l'éclateur	165
5.6 Conformité à l'inflammation par échauffement	165
5.6.1 Généralités	165
5.6.2 Température pour les petits composants pour le Groupe I et le Groupe II	166
5.6.3 Câblage dans un matériel intrinsèquement sûr pour le Groupe I et le Groupe II	166
5.6.4 Pistes de cartes à circuits imprimés pour le Groupe I et Groupe II	167
5.6.5 Température des matériels et des composants de sécurité intrinsèque pour le Groupe III	168
5.7 Matériel simple	169
6 Construction des matériels	170
6.1 Enveloppes	170
6.1.1 Généralités	170
6.1.2 Enveloppes pour les matériels de Groupe I ou de Groupe II	170
6.1.3 Enveloppes pour les matériels de Groupe III	171
6.2 Dispositifs de raccordement des circuits externes	171
6.2.1 Bornes	171
6.2.2 Prises de courant	174
6.2.3 Détermination du rapport externe maximal de l'inductance à la résistance (L_0/R_0) pour des sources de puissance limitées par résistance	175
6.2.4 Câble solidaire en permanence	175
6.2.5 Exigences pour les connexions et les accessoires des matériels à sécurité intrinsèque lorsqu'ils sont placés dans la zone non dangereuse	175
6.3 Distances de séparation	176
6.3.1 Généralités	176
6.3.2 Séparation des parties conductrices	176
6.3.3 Tension entre parties conductrices	180
6.3.4 Distance dans l'air	180
6.3.5 Distances de séparation au travers d'un compound de moulage	180
6.3.6 Distances de séparation au travers d'une isolation solide	181
6.3.7 Séparations composites	181
6.3.8 Lignes de fuite	181
6.3.9 Distance sous revêtement	184

6.3.10	Exigences pour les cartes à circuits imprimés montées	184
6.3.11	Séparation par écrans raccordés à la terre	186
6.3.12	Câblage interne	186
6.3.13	Exigence de rigidité diélectrique	186
6.3.14	Relais	186
6.4	Protection contre une inversion de polarité	187
6.5	Conducteurs de raccordement à la terre, connexions et bornes de raccordement	187
6.6	Encapsulage	188
6.6.1	Généralités	188
6.6.2	Encapsulage utilisé pour l'exclusion des atmosphères explosives	189
7	Composants dont dépend la sécurité intrinsèque	189
7.1	Caractéristiques des composants	189
7.2	Connecteurs pour connexions internes, cartes et composants enfichables	190
7.3	Coupe-circuit à fusibles	190
7.4	Piles et accumulateurs	192
7.4.1	Généralités	192
7.4.2	Construction des batteries	192
7.4.3	Fuites d'électrolyte et ventilation	193
7.4.4	Tensions des éléments	193
7.4.5	Résistance interne des piles ou des accumulateurs	193
7.4.6	Accumulateurs placés dans un équipement protégé par d'autres modes de protection	194
7.4.7	Accumulateurs utilisés et remplacés dans une atmosphère explosive gazeuse	194
7.4.8	Accumulateurs utilisés mais non remplacés dans une atmosphère explosive	194
7.4.9	Contacts externes pour la charge des accumulateurs	194
7.5	Semi-conducteurs	195
7.5.1	Effets transitoires	195
7.5.2	Limiteur shunt de tension	195
7.5.3	Limiteurs série de courant	196
7.6	Défaillance de composants, de connexions et de séparations	196
7.7	Dispositifs piézoélectriques	197
7.8	Cellules électrochimiques pour la détection des gaz	197
8	Composants infaillibles, assemblages infaillibles de composants et connexions infaillibles dont dépend la sécurité intrinsèque	197
8.1	Niveau de protection « ic »	197
8.2	Transformateurs de réseau	198
8.2.1	Généralités	198
8.2.2	Mesures de protection	198
8.2.3	Construction des transformateurs	198
8.2.4	Essais de type des transformateurs	199
8.2.5	Essais individuels des transformateurs de réseau	199
8.3	Transformateurs autres que les transformateurs de réseau	200
8.4	Enroulements infaillibles	200
8.4.1	Enroulements d'amortissement	200
8.4.2	Inductance réalisée par des conducteurs isolés	200
8.5	Résistances de limitation de courant	201
8.6	Condensateurs	201

8.6.1	Condensateurs de blocage.....	201
8.6.2	Condensateurs de filtrage	202
8.7	Montages en shunt de sécurité	202
8.7.1	Généralités	202
8.7.2	Shunts de sécurité	203
8.7.3	Limiteur shunt de tension	203
8.8	Câblage, pistes de circuits imprimés et connexions	203
8.9	Composants présentant une isolation galvanique	204
8.9.1	Généralités	204
8.9.2	Composant d'isolation entre des circuits de sécurité intrinsèque et des circuits de sécurité non intrinsèque	204
8.9.3	Composants d'isolation entre circuits de sécurité intrinsèque.....	205
9	Exigences supplémentaires pour matériels spécifiques	205
9.1	Barrières de sécurité à diodes	205
9.1.1	Généralités	205
9.1.2	Construction	206
9.2	Matériel FISCO.....	206
9.3	Lampes à main et lampes-chapeaux	206
10	Vérification de type et essais de type	206
10.1	Essai d'inflammation à l'éclateur	206
10.1.1	Généralités	206
10.1.2	Éclateur d'essai.....	207
10.1.3	Mélanges de gaz d'essai et courant d'étalonnage de l'éclateur	207
10.1.4	Essai à l'éclateur	209
10.1.5	Remarques sur les essais	210
10.2	Essais de température	211
10.3	Essais de tenue diélectrique.....	212
10.4	Détermination des paramètres de composants mal définis.....	212
10.5	Essais des piles et accumulateurs.....	212
10.5.1	Généralités	212
10.5.2	Essai de fuite d'électrolyte des piles ou accumulateurs	212
10.5.3	Inflammation par étincelle et température de surface des piles et accumulateurs.....	213
10.5.4	Essai de pression du conteneur d'accumulateur.....	214
10.6	Essais mécaniques	214
10.6.1	Compound de moulage.....	214
10.6.2	Détermination de l'acceptabilité de fusibles exigeant encapsulation	214
10.6.3	Cloisons.....	215
10.7	Essais des matériels de sécurité intrinsèque comportant des dispositifs piézoélectriques.....	215
10.8	Essais de type des barrières de sécurité à diodes et des shunts de sécurité	215
10.9	Essai de traction du câble	216
10.10	Essais des transformateurs.....	216
10.11	Essais des isolateurs optiques	217
10.11.1	Généralités	217
10.11.2	Essai de carbonisation, de tenue diélectrique et de conditionnement thermique.....	217
10.11.3	Essai de tenue diélectrique et de court-circuit	218
10.12	Courant admissible des connecteurs des circuits imprimés infallible	219
11	Essais individuels	219

11.1	Essais individuels pour les barrières de sécurité à diode	219
11.1.1	Barrières terminées	219
11.1.2	Diodes des barrières «ia» à deux diodes	219
11.2	Essais diélectriques individuels de série des transformateurs infaillibles	219
12	Marquage	220
12.1	Généralités	220
12.2	Marquage des dispositifs de raccordement	221
12.3	Marquages d'avertissement	221
12.4	Exemples de marquage	222
13	Documentation	224
	Annexe A (normative) Évaluation des circuits de sécurité intrinsèque	225
	Annexe B (normative) Éclateur pour l'essai des circuits de sécurité intrinsèque	247
	Annexe C (informative) Mesure des lignes de fuite, distances dans l'air et distances de séparation au travers d'un compound de moulage ou d'un isolant solide	255
	Annexe D (normative) Encapsulage	259
	Annexe E (informative) Essai d'énergie transitoire	265
	Annexe F (normative) Distances de séparation alternative pour les circuits imprimés assemblés et séparation de composants	268
	Annexe G (normative) Exigences concernant les matériels du Concept de réseau de terrain de sécurité intrinsèque (FISCO)	272
	Annexe H (informative) Essai d'inflammation des circuits d'alimentation de limitation de semi-conducteur	278
	Bibliographie	289
	Figure 1 – Séparation de bornes de circuits de sécurité intrinsèque et de circuits de sécurité non intrinsèque	174
	Figure 2 – Exemple de séparation de parties conductrices	179
	Figure 3 – Détermination des lignes de fuite	183
	Figure 4 – Lignes de fuite et distances dans l'air sur des cartes à circuits imprimés	185
	Figure 5 – Exemples d'éléments de connexion indépendants et non indépendants	188
	Figure A.1 – Circuits résistifs	228
	Figure A.2 – Circuits capacitifs du Groupe I	229
	Figure A.3 – Circuits capacitifs du Groupe II	230
	Figure A.4 – Circuits inductifs du Groupe II	231
	Figure A.5 – Circuits inductifs du Groupe I	232
	Figure A.6 – Circuits inductifs du Groupe IIC	233
	Figure A.7 – Circuit inductif simple	234
	Figure A.8 – Circuit capacitif simple	234
	Figure A.9 – Capacité équivalente	246
	Figure B.1 – Éclateur pour circuits de sécurité intrinsèque	251
	Figure B.2 – Disque de contact en cadmium	252
	Figure B.3 – Porte fils	252
	Figure B.4 – Exemple de réalisation pratique de l'éclateur	253
	Figure B.5 – Dispositif de préparation des fils de tungstène par fusion	254
	Figure C.1 – Mesure de la distance dans l'air	255
	Figure C.2 – Mesure des distances composites	256

Figure C.3 – Mesure de la ligne de fuite	257
Figure C.4 – Mesure d'une ligne de fuite composite	258
Figure D.1 – Exemple de montages encapsulés conformes à 6.3.5 et 6.6	260
Figure D.2 – Applications d'encapsulage utilisant un compound de moulage sans enveloppe	262
Figure D.3 – Exemple de montages utilisant le moulage conforme à 6.6	263
Figure E.1 – Exemple de circuit d'essai	266
Figure E.2 – Exemple de forme d'onde de sortie.....	267
Figure G.1 – Système type	277
Figure H.1 – Coefficient de sécurité en fonction de la probabilité d'inflammation	288
 Tableau 1 – Applicabilité des articles spécifiques de la CEI 60079-0.....	151
Tableau 2 – Classement en température du câblage en cuivre (pour une température ambiante maximale de 40 °C)	167
Tableau 3 – Classement en température des pistes sur circuits imprimés (pour une température ambiante maximale de 40 °C)	168
Tableau 4 – Puissance de dissipation maximale admissible dans un composant immergé dans la poussière	169
Tableau 5 – Distances dans l'air, lignes de fuite et distances de séparation	178
Tableau 6 – Épaisseur minimale de l'écran ou diamètre minimal du fil de l'écran en fonction du courant assigné du coupe-circuit à fusibles.....	199
Tableau 7 – Compositions des mélanges explosifs d'essai pour un coefficient de sécurité de 1,0	208
Tableau 8 – Compositions des mélanges explosifs d'essai pour un coefficient de sécurité de 1,5	208
Tableau 10 – Essais diélectriques individuels des transformateurs infaillibles	220
Tableau 11 – Texte de marquages d'avertissement	222
Tableau A.1 – Courant de court-circuit admissible en fonction de la tension et du groupe de matériel	235
Tableau A.2 – Capacité admissible en fonction de la tension et du groupe de matériel	240
Tableau A.3 – Réduction admissible de la capacité effective en présence d'une résistance série de protection.....	246
Tableau F.1 – Distances dans l'air, lignes de fuite et séparations pour les Niveaux de Protection «ia» et «ib» en présence d'une protection contre la pénétration, et quand des conditions spéciales pour les matériaux et l'installation sont remplies	270
Tableau F.2 – Distances dans l'air, lignes de fuite et séparations pour le Niveau de Protection «ic» en présence de protection anti-pénétration par enveloppe ou par des conditions spéciales d'installation	271
Tableau G.1 – Évaluation du courant de sortie maximal utilisable avec les alimentations rectangulaires FISCO de niveau «ia» ou «ib»	273
Tableau G.2 – Évaluation du courant de sortie maximal utilisable avec les alimentations rectangulaires FISCO de niveau «ic».....	273
Tableau H.1 – Séquence d'essais.....	281
Tableau H.2 – Coefficient de sécurité fourni par plusieurs mélanges d'essai qui peuvent être utilisés pour les essais du Tableau H.1.....	283

Tableau H.3 – Exemple de circuit de Groupe I avec les caractéristiques décrites par la courbe II de la Figure H.1 – Il réussit à la séquence d'essais du Tableau H.1	284
Tableau H.4 – Exemple de circuit de Groupe I avec les caractéristiques décrites par la courbe III de la Figure H.1 – Il ne réussit pas à la séquence d'essais du Tableau H.1	286

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

Partie 11: Protection de l'équipement par sécurité intrinsèque «i»

AVANT-PROPOS

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

Cette sixième édition annule et remplace la cinquième édition de la CEI 60079-11 publiée en 2006, la première édition de la CEI 61241-11 publiée en 2005 et la nouvelle Annexe G remplace les exigences concernant les matériels de la deuxième édition de la CEI 60079-27 publiée en 2008. Cette sixième édition constitue une révision technique de ces publications.

NOTE La CEI 60079-25 annule et remplace les points en suspend de la CEI 60079-27.

Les modifications importantes par rapport à l'édition antérieure sont indiquées ci-dessous:

- Introduction d'une référence à la CEI 60079-0 non spécifique à l'édition;
- L'incorporation des exigences de matériel issues de la CEI 60079-27 relatives au FISCO;
- L'incorporation des exigences issues de la CEI 61241-11 relatives aux atmosphères de poussières combustibles;
- La clarification des exigences relatives aux accessoires reliés à un matériel à sécurité intrinsèque; tels que les chargeurs et les collecteurs de données;
- Ajout de nouvelles exigences d'essai relatives aux isolateurs optiques;
- l'introduction d'une Annexe H—au sujet des essais d'inflammation des dispositifs de limitation d'alimentation électrique à semi-conducteur.

Le texte de la présente Norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
31G/207/FDIS	31G/213/RVD

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

La présente norme complète et modifie les exigences générales de la CEI 60079-0, à l'exception de ce qui est indiqué au Tableau 1 (voir Domaine d'application).

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

Une liste de toutes les parties de la CEI 60079, sous le titre général: *Atmosphères explosives*, est disponible sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

Partie 11: Protection de l'équipement par sécurité intrinsèque «i»

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60079 spécifie la construction et les essais pour le matériel électrique de sécurité intrinsèque destiné à être utilisé dans les atmosphères explosives et pour le matériel électrique associé destiné à être relié à des circuits de sécurité intrinsèque qui entrent dans de telles atmosphères.

Ce mode de protection s'applique aux équipements électriques dont les circuits sont eux-mêmes incapables de provoquer l'explosion de l'atmosphère environnante.

La présente norme s'applique également aux équipements électriques ou aux parties de matériels électriques situés hors de l'atmosphère 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 explosive sont évalués en vue de leur emploi dans une telle atmosphère en appliquant la présente Norme.

Les exigences pour les systèmes de sécurité intrinsèque sont données dans la CEI 60079-25.

La présente norme complète et modifie les exigences générales de la CEI 60079-0, à l'exception de ce qui est indiqué au Tableau 1. Lorsqu'une exigence de la présente norme entre en conflit avec une exigence de la CEI 60079-0, l'exigence de la présente Norme prévaut.

Si les exigences de cette norme sont applicables tant à la sécurité intrinsèque d'un matériel qu'aux matériels associés, le terme 'matériel' est utilisé dans toute cette norme.

Cette norme est uniquement pour l'équipement électrique; cependant le terme 'équipement' utilisé dans la norme signifie toujours 'équipement électrique'.

Si un matériel associé est placé dans une atmosphère explosive, il doit être protégé par un Mode de Protection approprié cité dans la CEI 60079-0, et les exigences de ce mode de protection ainsi que les parties applicables de la CEI 60079-0 s'appliquent aussi au matériel associé.

Tableau 1 – Applicabilité des articles spécifiques de la CEI 60079-0

Articles et paragraphes de la CEI 60079-0			Application d'articles de la CEI 60079-0 à la CEI 60079-11		
			Matériel à sécurité intrinsèque		matériel électrique associé
Ed 5.0 (2007) (informative)	Ed 6.0 (2011) (informative)	Titre d'Article / Paragraphe (normative)	Groupe I et Groupe II	Groupe III	
1	1	Domaine d'application	S'applique	S'applique	S'applique
2	2	Références normatives	S'applique	S'applique	S'applique
3	3	Termes et définitions	S'applique	S'applique	S'applique
4	4	Groupes d'appareils	S'applique	S'applique	S'applique
4.1	4.1	Groupe I	S'applique	Exclu	S'applique
4.2	4.2	Groupe II	S'applique	Exclu	S'applique
4.3	4.3	Groupe III	Exclu	S'applique	S'applique
4.4	4.4	Appareil pour une atmosphère explosive particulière	S'applique	S'applique	S'applique
5.1	5.1	Influences environnementales	S'applique	S'applique	S'applique
5.1.1	5.1.1	Température ambiante	S'applique	S'applique	S'applique
5.1.2	5.1.2	Source externe d'échauffement ou de refroidissement	S'applique	S'applique	S'applique
5.2	5.2	Température de service	S'applique	S'applique	S'applique
5.3.1	5.3.1	Détermination de la température maximale de la surface	S'applique	S'applique	Exclu
5.3.2.1	5.3.2.1	Matériel électrique du Groupe I	S'applique	Exclu	Exclu
5.3.2.2	5.3.2.2	Matériel électrique du Groupe II	S'applique	Exclu	Exclu
5.3.2.3	5.3.2.3	Matériel électrique du Groupe III	Exclu	S'applique	Exclu
5.3.3	5.3.3	Température des petits composants pour le matériel électrique de Groupe I et de Groupe II	S'applique	Exclu	Exclu
6.1	6.1	Généralités	S'applique	S'applique	S'applique
6.2	6.2	Résistance mécanique de l'appareil	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
6.3	6.3	Temps d'ouverture	Exclu	Exclu	Exclu
6.4	6.4	Courants de circulation	Exclu	Exclu	Exclu
6.5	6.5	Maintien des garnitures d'étanchéité	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué

Articles et paragraphes de la CEI 60079-0			Application d'articles de la CEI 60079-0 à la CEI 60079-11		
			Matériel à sécurité intrinsèque		matériel électrique associé
Ed 5.0 (2007) (informative)	Ed 6.0 (2011) (informative)	Titre d'Article / Paragraphe (normative)	Groupe I et Groupe II	Groupe III	
6.6	6.6	Matériel émettant une énergie rayonnée électromagnétique ou ultrasonique	S'applique	S'applique	Exclu
7.1.1	7.1.1	Applicabilité	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
NR	7.1.2.1	Généralités	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
7.1.3	7.1.2.2	Matériaux plastiques	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
7.1.4	7.1.2.3	Elastomères	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
7.2	7.2	Endurance thermique	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
7.3	7.3	Résistance à la lumière	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
7.4	7.4	6.0 - Charges électrostatiques sur des matériaux externes non métalliques	S'applique	S'applique	Exclu
NR	7.5	Parties métalliques accessibles	S'applique	S'applique	Exclu
7.5	NR	Trous taraudés	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
8.1	8.1	Composition des matériaux	S'applique	S'applique	Exclu
8.1.1	8.2	Groupe I	S'applique	Exclu	Exclu
8.1.2	8.3	Groupe II	S'applique	Exclu	Exclu
8.1.3	8.4	Groupe III	Exclu	S'applique	Exclu
8.2	NR	Trous taraudés	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
9	9	Fermetures	Exclu	Exclu	Exclu
10	10	Dispositifs de verrouillage	Exclu	Exclu	Exclu
11	11	Traversées	Exclu	Exclu	Exclu

Articles et paragraphes de la CEI 60079-0			Application d'articles de la CEI 60079-0 à la CEI 60079-11		
			Matériel à sécurité intrinsèque		matériel électrique associé
Ed 5.0 (2007) (informative)	Ed 6.0 (2011) (informative)	Titre d'Article / Paragraphe (normative)	Groupe I et Groupe II	Groupe III	
12	12	Matériaux utilisés pour les scellements	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
13	13	Composants Ex	S'applique	S'applique	S'applique
14	14	Éléments de raccordement et logements de raccordement	Exclu	Exclu	Exclu
15	15	Éléments de raccordement des conducteurs de mise à la terre et de liaison équipotentielle	Exclu	Exclu	Exclu
16	16	Entrées dans les enveloppes	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
17	17	Exigences complémentaires pour machines électriques tournantes	Exclu	Exclu	Exclu
18	18	Exigences complémentaires pour appareillage de connexion	Exclu	Exclu	Exclu
19	19	Exigences complémentaires pour coupe-circuit à fusibles	Exclu	Exclu	Exclu
20	20	Exigences complémentaires pour les prises de courant et les connecteurs	Exclu	Exclu	Exclu
21	21	Exigences complémentaires pour les luminaires	Exclu	Exclu	Exclu
22	22	Exigences complémentaires pour lampes-chapeaux et lampes à main	Modifié	Modifié	Exclu
23.1	23.1	Généralités	S'applique	S'applique	S'applique
23.2	23.2	Batteries	Exclu	Exclu	Exclu
23.3	23.3	Types d'éléments	S'applique	S'applique	S'applique
23.4	23.4	Éléments dans une batterie	S'applique	S'applique	S'applique
23.5	23.5	Caractéristiques assignées des batteries	S'applique	S'applique	S'applique
23.6	23.6	Interchangeabilité/intervention ?	S'applique	S'applique	S'applique
23.7	23.7	Charge des piles	S'applique	S'applique	S'applique
23.8	23.8	Fuite	S'applique	S'applique	S'applique
23.9	23.9	Connexions	S'applique	S'applique	S'applique

Articles et paragraphes de la CEI 60079-0			Application d'articles de la CEI 60079-0 à la CEI 60079-11		
			Matériel à sécurité intrinsèque		matériel électrique associé
Ed 5.0 (2007) (informative)	Ed 6.0 (2011) (informative)	Titre d'Article / Paragraphe (normative)	Groupe I et Groupe II	Groupe III	
23.10	23.10	Orientation	S'applique	S'applique	S'applique
23.11	23.11	Remplacement d'éléments ou de batteries	S'applique	S'applique	S'applique
23.12	23.12	Ensemble de batteries remplaçables	S'applique	S'applique	S'applique
24	24	Documentations	S'applique	S'applique	S'applique
25	25	Conformité du prototype ou de l'échantillon avec les documents	S'applique	S'applique	S'applique
26.1	26.1	Généralités	S'applique	S'applique	S'applique
26.2	26.2	Configuration d'essai	S'applique	S'applique	S'applique
26.3	26.3	Essais en présence de mélanges d'essai explosifs	S'applique	S'applique	S'applique
26.4.1	26.4.1	Ordre des essais	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
26.4.1.1	26.4.1.1	Enveloppes métalliques, parties métalliques des enveloppes et parties en verre des enveloppes	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
26.4.1.2	26.4.1.2	Enveloppes non métalliques ou parties non métalliques d'enveloppes	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué = 1	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
26.4.1.2.1	26.4.1.2.1	Appareil électrique du Groupe I	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
26.4.1.2.2	26.4.1.2.2	Appareil électrique du Groupe II et du Groupe III	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
26.4.2	26.4.2	Résistance au choc mécanique	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
26.4.3	26.4.3	Essai de chute	S'applique	S'applique	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
26.4.4	26.4.4	Critères d'acceptation	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
26.4.5	26.4.5	6.0 - Degré de protection (IP) par les enveloppes	S'applique	S'applique	S'applique
26.5.1.1	26.5.1.1	Généralités	S'applique	S'applique	Exclu
26.5.1.2	26.5.1.2	Température de service	Modifié	Modifié	Modifié

Articles et paragraphes de la CEI 60079-0			Application d'articles de la CEI 60079-0 à la CEI 60079-11		
			Matériel à sécurité intrinsèque		matériel électrique associé
Ed 5.0 (2007) (informative)	Ed 6.0 (2011) (informative)	Titre d'Article / Paragraphe (normative)	Groupe I et Groupe II	Groupe III	
26.5.1.3	26.5.1.3	Température maximale de surface	Modifié	Modifié	Modifié
26.5.2	26.5.2	Essai de choc thermique	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
26.5.3	26.5.3	Essai d'inflammation des petits composants (Groupe I et Groupe II)	S'applique	Exclu	Exclu
26.6	26.6	Essai de rotation pour les traversées	Exclu	Exclu	Exclu
26.7	26.7	Enveloppes non métalliques et parties non métalliques d'enveloppes	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
26.8	26.8	Endurance thermique à la chaleur	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
26.9	26.9	Endurance thermique au froid	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
26.10	26.10	Résistance à la lumière	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
26.11	26.11	Résistance aux agents chimiques de l'appareil électrique du Groupe I	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu	Exclu
26.12	26.12	Continuité de terre	Exclu	Exclu	Exclu
26.13	26.13	Vérification de la résistance de surface de parties d'enveloppes en matériaux non métalliques	S'applique	S'applique	Exclu
26.15	26.14	Mesure de capacité	S'applique	S'applique	Exclu
NR	26.15	Vérification des caractéristiques assignées des ventilateurs d'aération	Exclu	Exclu	Exclu
NR	26.16	Qualification alternative des joints toriques d'étanchéité en élastomère	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
27	27	Essais individuels	S'applique	S'applique	S'applique
28	28	Responsabilité du constructeur	S'applique	S'applique	S'applique
29	29	Marquage	S'applique	S'applique	S'applique
30	30	Instructions	S'applique	S'applique	S'applique
Annexe A (Norm.)	Annexe A (Norm.)	Exigences complémentaires pour les entrées de câbles	Exclu	Exclu	Exclu

Articles et paragraphes de la CEI 60079-0			Application d'articles de la CEI 60079-0 à la CEI 60079-11		
			Matériel à sécurité intrinsèque		matériel électrique associé
Ed 5.0 (2007) (informative)	Ed 6.0 (2011) (informative)	Titre d'Article / Paragraphe (normative)	Groupe I et Groupe II	Groupe III	
Annexe B (Norm.)	Annexe B (Norm.)	Exigences pour composants Ex	S'applique	S'applique	S'applique
Annexe C (Inf.)	Annexe C (Inf.)	Exemple de dispositif pour l'essai de résistance au choc mécanique	S'applique	S'applique	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3a) est appliqué
Annexe D (Inf.)	NR	Introduction à une méthode alternative d'évaluation des risques incluant les "niveaux de protection du matériel" pour les matériels Ex	S'applique	S'applique	S'applique
Annexe E (Inf.)	Annexe F (Inf.)	Moteurs alimentés par des convertisseurs	Exclu	Exclu	Exclu
NR	Annexe E (Inf.)	Essais d'échauffement des machines électriques	Exclu	Exclu	Exclu
NR	Annexe F (Inf.)	Organigramme suggéré pour les essais des enveloppes non métalliques ou les parties non métalliques des enveloppes (26.4)	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.3 a) est appliqué	Exclu sauf lorsque 6.1.2.3 a) est appliqué
S'applique – Cette exigence de la CEI 60079-0 est appliquée sans modification. Exclu – Cette exigence de la CEI 60079-0 ne s'applique pas. S'applique sauf – Cette exigence de la CEI 60079-0 ne s'applique pas sauf lorsque les conditions exposées sont rencontrées. Modifié – Cette exigence de la CEI 60079-0 est modifiée comme indiqué dans le détail dans la présente Norme. NR – Pas d'exigences.					
NOTE Les numéros d'articles dans le tableau ci-dessus sont donnés uniquement pour information. Les exigences applicables de la CEI 60079-0 sont identifiées par le titre d'article qui est normatif. Le présent tableau a été rédigé selon les exigences spécifiques de la CEI 60079-0 Ed 6.0. Les numéros d'article de l'édition précédente sont montrés uniquement pour information. Cela sert à permettre d'utiliser la CEI 60079-0 Ed 5.0 "Exigences générales" avec la présente partie de la CEI 60079 lorsque cela est nécessaire. En l'absence de toute exigence, signalée par NR, ou en cas de conflit entre exigences, les exigences de la dernière édition prévalent.					

2 Références normatives

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

CEI 60079-0, *Atmosphères explosives – Partie 0: Matériel – Exigences générales*

CEI 60079-7, *Atmosphères explosives – Partie 7: Protection de l'équipement par sécurité augmentée «e»*

CEI 60079-25, *Atmosphères explosives – Partie 25: Systèmes de sécurité intrinsèque électrique*

CEI 60085, *Isolation électrique – Evaluation et désignation thermique*

CEI 60112, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

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

CEI 60317-3, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 3: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyester, classe 155*

CEI 60317-7, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 7: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyimide, classe 220*

CEI 60317-8, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 8: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyesterimide, classe 180*

CEI 60317-13, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 13: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyester ou polyesterimide et avec surcouche polyamide-imide, classe 200*

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

CEI 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

CEI 60664-3:2003, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'empotage ou de moulage pour la protection contre la pollution*

IEC 61158-2, *Réseaux de communication industriel – Spécifications des bus de terrain- Partie 2: Spécification des couches physiques et définition des services* (document non disponible en français)

CEI 62013-1, *Lampes-chapeaux utilisables dans les mines grisouteuses – Partie 1: Exigences générales – Construction et essais liés au risque d'explosion*

ANSI/UL 248-1, *Fusibles basse-tension – Partie 1: Exigences générales*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60079-0 et les suivants s'appliquent.

3.1 généralités

3.1.1

sécurité intrinsèque «i»

mode de protection basé sur la limitation de l'énergie électrique dans un équipement et dans les fils d'interconnexion exposés à l'atmosphère explosive gazeuse, à un niveau au- dessous de celui pouvant provoquer l'inflammation par étincelle ou par effet thermique

3.1.2

matériel associé

équipement électrique qui contient à la fois des circuits de sécurité intrinsèque et des circuits qui ne sont pas de sécurité intrinsèque, qui sont construits de telle sorte que les circuits qui ne sont pas de sécurité intrinsèque ne peuvent pas dégrader les circuits de sécurité intrinsèque

NOTE Le matériel associé peut être soit:

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

3.1.3

matériel à sécurité intrinsèque

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

3.1.4

circuit de sécurité intrinsèque

circuit dans lequel aucune étincelle ni aucun effet thermique produit dans les conditions exigées 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 donnée

3.1.5

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

3.2

revêtement

matériau isolant tel qu'un vernis ou un film sec posé sur la surface de l'ensemble

NOTE Le revêtement et le matériau de base d'une carte imprimée forment un système isolant qui peut avoir des propriétés similaires à une isolation solide.

[Définition 3.5 de la CEI 60664-3]

3.3

revêtement conforme

matériau isolant électrique appliqué comme revêtement sur des cartes de circuit imprimées pour former une couche mince s'adaptant à la surface afin de constituer une barrière de protection contre les effets nocifs dus aux conditions d'environnement

[Définition 2.1 de la CEI 61086-1]

3.4

schéma de contrôle

schéma ou autre document qui est préparé par le fabricant pour un matériel à sécurité intrinsèque ou un matériel associé, et qui détaille les paramètres électriques afin de permettre l'interconnexion avec les autres matériels

3.5

barrière de sécurité à diodes

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

3.6

concept d'entité

méthode utilisée pour déterminer des assemblages acceptables de matériels à sécurité intrinsèque et de matériels associés à partir des paramètres de sécurité intrinsèque assignés aux dispositifs de raccordement

3.7

défauts

3.7.1

défaut pris en compte

défaut qui se produit dans les parties de matériels électriques répondant aux règles de construction de la CEI 60079-11

3.7.2

défaillance

toute défaillance de tout composant, séparation, isolation ou connexion entre composants, non définis comme infaillibles par la CEI 60079-11, dont dépend la sécurité intrinsèque d'un circuit

3.7.3

défaut non pris en compte

défaut qui se produit dans les parties de matériels électriques ne répondant pas aux règles de construction de la CEI 60079-11

3.8

courant assigné d'un coupe-circuit à fusibles

I_n

courant assigné d'un coupe-circuit comme spécifié dans la CEI 60127, l'ANSI/UL 248-1 ou dans les spécifications du fabricant

3.9

FISCO

abréviation de Fieldbus Intrinsically Safe Concept (Concept de réseau de terrain de sécurité intrinsèque)

3.10 infaillibilité

3.10.1

composant infaillible ou ensemble infaillible de composants

composant ou ensemble de composants qui est considéré comme non sujet à certains modes de défaillance comme définis dans la CEI 60079-11

NOTE 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.

3.10.2

connexion infaillible

connexions, y compris les joints, les fils et les pistes d'interconnexion des circuits imprimés, qui conformément à la CEI 60079-11 ne sont pas considérées comme des circuits pouvant s'ouvrir en service ou en stockage

NOTE 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.

3.10.3

séparation infaillible

isolation infaillible

séparation ou isolation entre parties conductrices qui est considérée comme non sujette aux courts-circuits comme définis dans la CEI 60079-11

NOTE 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

câblage interne

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

3.12

maintenance sous tension

actions de maintenance effectuées tandis que le matériel associé, le matériel et les circuits de sécurité intrinsèque sont sous tension

3.13

paramètres électriques

3.13.1

tension d'entrée maximale

U_i

tension maximale (c.a. de crête ou c.c.) qui peut être appliquée aux dispositifs de raccordement du matériel, sans invalider le mode de protection

3.13.2

courant d'entrée maximal

I_i

courant maximal (c.a. de crête ou c.c.) qui peut être appliqué aux dispositifs de raccordement du matériel, sans invalider le mode de protection

3.13.3

puissance d'entrée maximale

P_i

puissance maximale qui peut être appliquée aux dispositifs de raccordement du matériel, sans invalider le mode de protection

3.13.4**capacité interne maximale** **C_i**

capacité interne équivalente maximale du matériel qui est considérée apparaître à travers les dispositifs de raccordement

3.13.5**inductance interne maximale** **L_i**

inductance interne équivalente maximale du matériel qui est considérée apparaître aux dispositifs de raccordement

3.13.6**rapport interne maximal de l'inductance à la résistance** **L_i/R_i**

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

3.13.7**tension de sortie maximale** **U_o**

tension maximale (c.a. ou c.c. de crête) qui peut apparaître aux dispositifs de raccordement du matériel à n'importe quelle tension appliquée jusqu'à la tension maximale

3.13.8**courant de sortie maximal** **I_o**

courant maximal (c.a. ou c.c. de crête) dans le matériel qui peut pris des dispositifs de raccordement du matériel

3.13.9**puissance de sortie maximale** **P_o**

puissance électrique maximale qui peut être tirée du matériel

3.13.10**capacité externe maximale** **C_o**

capacité maximale qui peut être raccordée aux dispositifs de raccordement du matériel, sans invalider le mode de protection

3.13.11**inductance externe maximale** **L_o**

valeur maximale d'inductance qui peut être raccordée aux dispositifs de raccordement du matériel, sans invalider le mode de protection

3.13.12**rapport externe maximal de l'inductance à la résistance** **L_o/R_o**

valeur maximale du rapport de l'inductance sur la résistance qui peut être connecté aux dispositifs de raccordement du matériel électrique sans invalider la sécurité intrinsèque

3.13.13

tension maximale alternative efficace (c.a.) ou continue (c.c.)

U_m

tension maximale qui peut être appliquée aux dispositifs de raccordement du matériel associé qui ne sont pas de sécurité intrinsèque, sans invalider le mode de protection

NOTE 1 Cela s'applique aussi à la tension maximale qui peut être appliquée aux dispositifs de raccordement des matériels qui ne sont pas de sécurité intrinsèque (par exemple, les connexions pour la charge des matériels qui fonctionnent sur accumulateur, où l'opération de chargement est effectuée uniquement en zone non dangereuse).

NOTE 2 La valeur de U_m peut être différente pour des ensembles de dispositifs de raccordement différents et pour des tensions alternatives et continues.

3.14

catégorie de surtension

nombre définissant une condition de surtension transitoire

[Définition 1.3.10 de la CEI 60664-1]

NOTE Les catégories de surtension I, II, III et IV sont utilisées, voir 2.2.2.1 de la CEI 60664-1.

3.15

degré de pollution

nombre caractérisant la pollution prévue du micro-environnement

[Définition 1.3.13 de la CEI 60664-1]

NOTE Les degrés de pollution 1, 2, 3 et 4 sont utilisés.

3.16

très basse tension de protection

TBTP

système de très basse tension de protection qui n'est pas séparé électriquement de la terre mais qui par ailleurs satisfait aux exigences pour les TBTS

NOTE Un système sous 50 V avec prise centrale de raccordement à la terre est un système TBTP.

3.17

tension d'isolation assignée

valeur efficace de tension de tenue fixée par le constructeur aux matériels ou à une partie d'entre eux, caractérisant la capacité de tenue spécifiée (à long terme) de son isolation

[Définition 1.3.9.1 de la CEI 60664-1]

NOTE La tension d'isolation assignée n'est pas nécessairement égale à la tension assignée du matériel, qui elle est avant tout liée à l'aptitude à la fonction.

3.18

tension crête récurrente

valeur crête maximale d'une onde de tension résultant des distorsions d'une tension alternative ou d'une composante de tension alternative superposée à une tension continue

NOTE Les surtensions aléatoires, dues par exemple à des commutations occasionnelles, ne sont pas considérées comme de tension crêtes récurrentes.

3.19

très basse tension de sécurité

TBTS

système de très basse tension (c'est-à-dire n'excédant pas normalement 50 V alternatifs ou 120 V continu sans ondulation) séparé électriquement de la terre et des autres systèmes de telle sorte qu'un défaut simple ne peut pas produire un choc électrique

NOTE Un système de 50 V isolé de la terre est un système TBTS.

3.20

encapsulage/encapsuler

processus consistant à appliquer un compound pour enfermer ou à placer dans une capsule ou comme dans le cas d'une capsule

3.21

moulage par coulée

processus consistant à verser un compound liquide à la pression ambiante normale dans un moule

3.22

moulage

processus consistant à placer un objet dans un outil muni d'une cavité de mise en forme, le matériau plastique étant introduit autour du composant inséré en appliquant une pression afin d'encapsuler, partiellement ou totalement, le composant inséré

NOTE Ce processus peut aussi s'appeler moulage par injection, surmoulage ou moulage d'insert.

3.23

isolation galvanique

agencement dans un matériel qui permet le transfert de signal ou de puissance entre deux circuits sans connexion électrique directe entre les deux

NOTE L'isolation galvanique utilise des éléments soit magnétiques (transformateur ou relais) soit couplés optiquement.

4 Groupement et classification des matériels à sécurité intrinsèques et des matériels associés

Les matériels à sécurité intrinsèque et les matériels associés qui ont un mode de protection énuméré dans la CEI 60079-0 pour utilisation dans l'atmosphère explosive appropriée doivent être groupés selon les exigences de groupement de matériels de la CEI 60079-0 et doivent avoir une température maximale de surface ou classe de température assignée conformément aux exigences de température de la CEI 60079-0.

Les matériels associés qui n'ont pas un tel mode de protection doivent seulement être groupés selon les exigences de groupement de matériels de la CEI 60079-0.

5 Exigences de conformité des modes de protection et d'inflammation des matériels électriques

5.1 Généralités

Le matériel à sécurité intrinsèque et les parties de sécurité intrinsèque du matériel associé doivent être répartis en Niveaux de Protection "ia", "ib" ou "ic".

Les exigences de la présente Norme doivent s'appliquer à tous les modes de protection, sauf indication contraire. Dans la détermination du mode de protection "ia", "ib" ou "ic", la défaillance des composants et des connexions doit être considérée conformément à 7.6. Les défaillances de séparation entre des parties conductrices doivent être considérées conformément à 6.3. La détermination doit inclure l'ouverture, la mise en court-circuit et la mise à la terre des dispositifs externes de raccordement de sécurité intrinsèque conformément à 6.2.

Les paramètres de sécurité intrinsèque des matériels à sécurité intrinsèque et des matériels associés doivent être déterminés en prenant en compte les exigences pour la conformité aux inflammations par étincelles de 5.5 et de conformité à l'inflammation par échauffement de 5.6.

Pour les circuits des matériels associés qui sont connectés à des circuits de très basse tension de sécurité (TBTS) ou des circuits de protection de très basse tension (TBTP), U_m doit être appliqué uniquement comme tension de «mode commun», avec la tension nominale de fonctionnement appliquée comme signal en mode différentiel entre les conducteurs du circuit. (Les circuits RS-232, RS-485 ou 4-20 mA sont des exemples typiques.) Le numéro de certificat pour le matériel associé reliant des circuits TBTS ou TBTP doit comporter un suffixe "X" conformément aux exigences de marquage de la CEI 60079-0. De plus, les conditions spécifiques d'utilisation sur le certificat doivent donner dans le détail les précautions nécessaires à prendre.

Lorsque des procédures de maintenance sous tension sont spécifiées par le fabricant dans la documentation fournie, les effets de cette maintenance sous tension ne doivent pas invalider la sécurité intrinsèque et ce point doit être pris en considération pendant les essais et l'évaluation.

NOTE 1 Le matériel peut être spécifié avec plus d'un mode de protection, et peut avoir des paramètres différents pour chaque mode de protection.

NOTE 2 Pour l'application de U_m , U_i dans les articles suivants, toute tension jusqu'à la tension maximale peut être appliquée pour l'évaluation.

5.2 Niveau de protection «ia»

U_m et U_i étant appliquées, les circuits de sécurité intrinsèque des matériels électriques de niveau de protection «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.

Lors des essais d'inflammation par étincelles, les coefficients de sécurité suivants doivent être appliqués conformément à 10.1.4.2

- | | |
|-----------------------------|-----|
| – 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 du classement en température de surface doit être de 1,0 dans tous les cas.

Si seulement un défaut pris en compte peut se produire, les exigences de a) et de b) doivent être considérées comme donnant un niveau de protection «ia» si les exigences d'essai pour «ia» peuvent être respectées. Si aucun défaut pris en compte ne peut se produire, les exigences de a) doivent être considérées comme donnant un niveau de protection «ia» si les exigences d'essai pour «ia» peuvent être respectées.

5.3 Niveau de protection «ib»

U_m et U_i étant appliquées, les circuits de sécurité intrinsèque des matériels électriques de niveau de protection «ib» 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.

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

Lors des essais d'inflammation par étincelles de l'évaluation des circuits, un coefficient de sécurité de 1,5 doit être appliqué conformément à 10.1.4.2. Le coefficient de sécurité appliqué à la tension ou au courant pour la détermination du classement en température de surface doit être de 1,0 dans tous les cas.

Si aucun défaut pris en compte ne peut se produire, les exigences de a) doivent être considérées comme donnant un niveau de protection «ib» si les exigences d'essai pour «ib» peuvent être respectées.

5.4 Niveau de protection «ic»

U_m et U_i étant appliquées, les circuits de sécurité intrinsèque des matériels électriques de niveau de protection «ic» ne doivent pouvoir provoquer d'inflammation ni en fonctionnement normal ni dans les conditions spécifiées dans la présente Norme.

Lors des essais ou de l'évaluation de l'inflammation par étincelles des circuits, un coefficient de sécurité de 1,0 doit être appliqué conformément à 10.1.4.2. Le coefficient de sécurité appliqué à la tension ou au courant pour la détermination du classement en température de surface doit être de 1,0.

NOTE Le concept de défaut pris en compte ne s'applique pas à ce mode de protection. Les composants et assemblages infaillibles, comme dans l'Article 8 ne sont pas applicables. Pour le niveau de protection «ic», il convient que le terme «infaillible» soit lu comme «conforme aux exigences de 7.1 ».

5.5 Conformité à l'inflammation à l'éclateur

Le circuit doit être évalué et/ou soumis à essai pour la limitation réussie de l'énergie d'étincelle qui est capable de provoquer l'inflammation de l'atmosphère explosive, à chaque point où une interruption ou une interconnexion peut apparaître, en accord avec 10.1.

Pour le Groupe III, les essais d'inflammation par étincelle selon les exigences du Groupe IIB doivent être appliqués aux circuits exposés à la poussière.

5.6 Conformité à l'inflammation par échauffement

5.6.1 Généralités

Toutes les surfaces de composants, d'enveloppe, câblage et les pistes des circuits imprimés qui peuvent être en contact avec des atmosphères explosives doivent être évalués et/ou soumis à essai pour la température maximale. La température maximale admissible après l'application des défauts, comme fourni en 5.2, 5.3 et 5.4, doivent être données en accord avec les exigences pour la température de la CEI 60079-0. L'essai, lorsqu'il est demandé, est spécifié en 10.2.

Si des essais sont exigés, ils sont spécifiés en 10.2.

NOTE 1 Les exigences de cet article ne sont pas applicables aux matériels associés protégés par un autre mode de protection listé dans la CEI 60079-0 ou situés hors d'une zone dangereuse.

NOTE 2 Il convient de prendre des précautions lors de la sélection des matériaux à utiliser à proximité des composants qui peuvent avoir une température excessive, telles que les piles et accumulateurs, ou les composants qui peuvent dissiper une puissance supérieure à 1,3 W, dans des conditions de défaut spécifiées à l'Article 5, afin

de prévenir une inflammation secondaire de l'atmosphère explosive, par exemple par surchauffe ou brûlure des circuits imprimés, des revêtements ou des boîtiers des composants.

5.6.2 Température pour les petits composants pour le Groupe I et le Groupe II

Les exigences pour la température des petits composants utilisés dans les matériels de Groupe I ou de Groupe II sont fournies dans les exigences de la CEI 60079-0 relatives à la température de composants des matériels électriques de Groupe I ou de Groupe II tandis que les exigences relatives aux essais sont données dans l'essai d'inflammation des petits composants de la CEI 60079-0.

La marge de sécurité de 5 K et de 10 K requise par les exigences de *Température de surface maximale* de la CEI 60079-0 ne s'applique pas aux valeurs maximales de température de surface, 200 °C, 275 °C et 950 °C, indiquées dans le Tableau évaluation du classement en température en fonction de la taille du composant et à la température ambiante de 40 °C dans la CEI 60079-0.

NOTE Lorsqu'une réaction chimique catalytique ou autre peut en découler, il convient de rechercher l'avis d'un spécialiste.

5.6.3 Câblage dans un matériel intrinséquement sûr pour le Groupe I et le Groupe II

Le courant maximal admissible correspondant à la température maximale de conducteur atteinte du fait de l'échauffement propre est soit tiré du Tableau 2 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 température de la résistance du matériau du fil (0,004 284 K⁻¹ pour le cuivre, 0,004 201 K⁻¹ pour l'or);
- I est la valeur efficace du courant maximal admissible, en ampères;
- I_f est le courant auquel le fil fond à la température ambiante maximale spécifiée, en ampères;
- T est la température de fusion du matériau du fil en degrés Celsius (1 083 °C pour le cuivre; 1 064 °C pour l'or);
- t est le seuil de température, en degrés Celsius, de la classe de température applicable. La valeur de t est la température du fil due à son auto-échauffement et à la température ambiante.

Exemple: fil fin en cuivre (Classe de température =T4)

$a = 0,004\,284\text{ K}^{-1}$

$I_f = 1,6\text{ A}$ (déterminé expérimentalement ou spécifié par le fabricant du fil)

$T = 1\,083\text{ °C}$

t pour T4 (petit composant, $t \leq 275\text{ °C}$)

En appliquant l'équation

$I = 1,3\text{ A}$ (Il s'agit du courant maximal normal ou de défaut maximum qui est admissible pour éviter que la température du fil excède 275 °C.).

**Tableau 2 – Classement en température du câblage en cuivre
(pour une température ambiante maximale de 40 °C)**

Diamètre (voir NOTE 4) mm	Section (voir NOTE 4) mm ²	Courant maximal admissible pour le classement en température		
		T1 à T4 et Groupe I	T5	T6
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 est considérée comme la somme des sections de tous les 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 pour lesquels il faut voir 5.6.4.

NOTE 4 Le diamètre et la section sont les dimensions nominales spécifiées par le fabricant du câble.

NOTE 5 Quand la puissance maximale ne dépasse pas 1,3 W, le câblage peut être assigné à un classement en température de T4 et il est acceptable pour le Groupe I. Pour le Groupe I, où les poussières sont exclues, une puissance maximale de 3,3 W est admissible pour une température ambiante jusqu'à 40 °C. Se référer au Tableau 3a) ou 3b) de la CEI 60079-0 quand un déclassement est requis pour une température ambiante supérieure à 40 °C.

5.6.4 Pistes de cartes à circuits imprimés pour le Groupe I et Groupe II

Le classement en température des pistes de cartes à circuits imprimés doit être déterminé à partir des données disponibles ou par des mesures.

Quand les pistes sont en cuivre, le classement en température peut être déterminé en utilisant le Tableau 3.

Par exemple, sur les cartes à circuits imprimés d'au moins 0,5 mm d'épaisseur, ayant une piste conductrice d'au moins 33 µm d'épaisseur sur une face ou sur les deux faces, en appliquant les facteurs donnés dans Tableau 3, 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 0,444 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 0,648 A, 1,092 A et 1,833 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.

Quand le classement en température d'une piste doit être déterminé expérimentalement, le courant continu maximal doit être utilisé.

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.

En absence d'essai, quand la puissance maximale ne dépasse pas 1,3 W, les pistes sont adaptées pour un classement en température T4 ou Groupe I.

En l'absence d'essai, lorsque la poussière est exclue et que la puissance maximale n'excède pas 3,3W, les pistes sont appropriées pour le Groupe I.

Se référer à l'évaluation de la classification en température pour les surfaces de composant $\geq 20 \text{ mm}^2$ tableau de la CEI 60079-0. Variation de la puissance dissipée maximale avec la température ambiante dans la CEI 60079-0 lorsqu'un déclassement est requis pour des températures ambiantes supérieures à 40 °C.

**Tableau 3 – Classement en température des pistes sur 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
0,075	0,8	0,6	0,5
0,1	1,0	0,8	0,7
0,125	1,2	1,0	0,8
0,15	1,4	1,1	1,0
0,2	1,8	1,4	1,2
0,3	2,4	1,9	1,7
0,4	3,0	2,4	2,1
0,5	3,5	2,8	2,5
0,7	4,6	3,5	3,2
1,0	5,9	4,8	4,1
1,5	8,0	6,4	5,6
2,0	9,9	7,9	6,9
2,5	11,6	9,3	8,1
3,0	13,3	10,7	9,3
4,0	16,4	13,2	11,4
5,0	19,3	15,5	13,5
6,0	22,0	17,7	15,4

NOTE Les valeurs ci-dessus du courant maximal admissible, en ampères, sont des valeurs efficaces en courant alternatif ou continu.

Ce tableau s'applique aux cartes imprimées de 1,6 mm d'épaisseur ou plus, à simple face de cuivre de 33 μm d'épaisseur.

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

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

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

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

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

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.

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 pour les pistes passant sous composants dissipation 0.25W ou plus.

Pour une température jusqu'à 60 °C, diviser le courant maximal spécifié par 1,2.

Pour une température jusqu'à 80 °C, diviser le courant maximal spécifié par 1,3.

5.6.5 Température des matériels et des composants de sécurité intrinsèque pour le Groupe III

Pour la détermination de la température de surface maximale des matériels de sécurité intrinsèque de Groupe III, se référer à la CEI 60079-0, Mesure des températures. En particulier,

la mesure doit être effectuée avec les valeurs spécifiées de U_i et de I_i pour le matériel de sécurité intrinsèque sans un coefficient de sécurité de 10%. La température doit être celle de la surface du matériel qui est en contact avec la poussière. Par exemple, dans le cas des matériels de sécurité intrinsèque protégés par des enveloppes de degré de protection d'au moins IP5X, la température de surface de l'enveloppe doit être mesurée.

Autrement, le matériel de sécurité intrinsèque doit être considéré comme apte pour une immersion totale, ou une épaisseur de couche de poussière incontrôlée, si la dissipation de puissance correspondante dans n'importe quel composant est conforme au Tableau 4. En plus, le courant de court-circuit permanent doit être inférieur à 250 mA. Le matériel de sécurité intrinsèque doit être marqué T135°C.

Tableau 4 – Puissance de dissipation maximale admissible dans un composant immergé dans la poussière

Température ambiante maximale	°C	40	70	100
Dissipation admissible	mW	750	650	550

5.7 Matériel simple

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

- les composants passifs, par exemple les interrupteurs, les boîtes de jonction, les résistances et les dispositifs simples à semi-conducteur;
- les sources réserves d'énergie consistant en des composants simples dans des circuits simples, 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;
- les sources génératrices d'énergie, par exemple les thermocouples et les cellules photoélectriques, qui ne délivrent pas plus de 1,5 V, 100 mA et 25 mW.

Les matériels simples doivent être conformes à toutes les exigences pertinentes de la présente Norme avec les exceptions de l'article 12. Le fabricant ou le concepteur du système de sécurité intrinsèque doit démontrer la conformité à cet article en s'appuyant, si c'est applicable, sur les feuilles descriptives (*datas sheets*) et les rapports d'essai.

Les aspects suivants doivent toujours être pris en compte:

- la sécurité du matériel simple ne doit pas être obtenue par inclusion de dispositifs de limitation de tension et/ou de courant, et/ou des dispositifs de suppression;
- un matériel simple ne doit jamais contenir un moyen d'augmenter la tension ou le courant disponible, comme par exemple les convertisseurs DC-DC;
- lorsque le matériel simple doit maintenir l'isolation 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 6.3.13. Ses bornes doivent être conformes à 6.2.1;
- les enveloppes non métalliques et les enveloppes contenant des métaux légers, placées en atmosphères explosives gazeuses, doivent satisfaire aux exigences concernant les charges électrostatiques sur les matériaux externes non métalliques et aux exigences concernant les enveloppes et parties d'enveloppes métalliques de la CEI 60079-0;
- lorsque le matériel simple est placé en atmosphère explosive, la température de surface maximale doit être évaluée. Quand ils sont utilisés dans un circuit de sécurité intrinsèque dans leur assignation normale à une température ambiante maximale de 40 °C, les commutateurs, les prises et les bornes auront une température de surface maximale inférieure à 85 °C, et pourront ainsi avoir un classement en température T6 pour les applications de Groupe II et être également adaptés aux applications de Groupe I et de Groupe III. Pour les autres types de matériel simple, la température maximale doit être évaluée conformément à 5.6 de la présente Norme.

Quand des matériels simples sont une partie d'un matériel contenant d'autres circuits électriques, l'ensemble doit être évalué conformément aux exigences de la présente Norme.

NOTE 1 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.

NOTE 2 La présente Norme n'exige pas que la conformité du matériel simple aux spécifications de son fabricant soit vérifiée.

6 Construction des matériels

NOTE Les exigences de cet article s'appliquent, sauf mention contraire établie dans le paragraphe concerné, uniquement aux caractéristiques du matériel à sécurité intrinsèque et du matériel associé qui contribuent à ce mode de protection.

Par exemple, les exigences pour l'encapsulation avec un compound de moulage ne s'appliquent que si l'encapsulation est nécessaire pour satisfaire au 6.3.5 ou 6.6.

6.1 Enveloppes

6.1.1 Généralités

Une enveloppe est nécessaire quand la sécurité intrinsèque peut être dégradée par la pénétration de l'humidité ou de la poussière ou bien par l'accès à des parties conductrices, par exemple si les circuits possèdent des lignes de fuite infaillibles.

Le degré de protection requis peut varier selon l'utilisation prévue; par exemple, un degré de protection IP54 selon la CEI 60529 peut être 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 doit être de la responsabilité du fabricant et doit être enregistrée dans les documents définitifs (voir Article 13).

6.1.2 Enveloppes pour les matériels de Groupe I ou de Groupe II

6.1.2.1 Généralités

Les matériels à sécurité intrinsèque et matériels associés qui s'appuient sur les espacements consignés dans le Tableau 5 ou l'Annexe F doivent être équipés d'une enveloppe satisfaisant aux exigences de 6.1.2.2 ou 6.1.2.3 selon le cas.

6.1.2.2 Matériel conforme au Tableau 5

Le matériel conforme aux exigences de séparation du Tableau 5 doit être fourni avec une enveloppe conforme aux exigences IP20 en accord avec la CEI 60529 ou plus en fonction de l'utilisation prévue et des conditions d'environnement.

Il n'est pas nécessaire que l'enveloppe soit soumise aux essais pour les enveloppes de la CEI 60079-0; par contre, pour les matériels portables, l'essai de chute de la CEI 60079-0 s'applique toujours.

6.1.2.3 Matériel conforme à l'Annexe F

Le matériel conforme aux exigences de séparation des Tableaux F.1 ou F.2 doit être fourni avec une protection atteignant le degré de pollution 2. Cela peut être atteint par l'un de moyens suivants:

- a) une enveloppe conforme aux exigences s IP54 ou plus conformément à l'utilisation prévue et aux conditions d'environnement selon la CEI 60529. Pour ces enveloppes, les articles de la CEI 60079-0 identifié dans le Tableau 1 s'appliquent en plus.
- b) une enveloppe conforme aux exigences IP20 ou plus conformément à l'utilisation prévue et aux conditions d'environnement selon la CEI 60529 pourvu que les séparations soient obtenues en utilisant un revêtement de type 1 ou de type 2 ou un compound de moulage ou à travers l'isolation solide. Il n'est pas nécessaire que l'enveloppe soit soumise aux essais pour les enveloppes de la CEI 60079-0; par contre, pour les matériels portables, l'essai de chute de la CEI 60079-0 s'applique toujours.
- c) une enveloppe conforme aux exigences IP20 et par installation restreinte, à condition que les exigences d'installation restreinte, avec les conditions suivantes: les exigences d'installation restreinte doivent être spécifiées comme des conditions spécifiques d'utilisation, le numéro de certificat doit comporter le suffixe "X" conformément aux exigences de marquage de la CEI 60079-0 et les Conditions spécifiques d'utilisation énumérées sur le certificat doivent donner le détail des exigences d'installation.

6.1.3 Enveloppes pour les matériels de Groupe III

Lorsque la sécurité intrinsèque des matériels de sécurité intrinsèque peut être dégradée par la pénétration de la poussière ou par l'accès à des parties conductrices, par exemple si les circuits possèdent des lignes de fuite infaillibles, une enveloppe est nécessaire et ce avec l'une des conditions suivantes.

- a) Lorsque la séparation est réalisée en conformité avec les exigences de distances dans l'air ou de lignes de fuite du Tableau 5 ou de l'Annexe F, l'enveloppe doit fournir un degré de protection d'au moins IP5X, selon la CEI 60529. Pour ces enveloppes le 6.1.2.3 a) s'appliquent en plus.
- b) Lorsque la séparation est réalisée en conformité avec les exigences de distances sous revêtement, compound de moulage ou distances de séparation à travers l'isolation solide du Tableau 5 ou de l'Annexe F, l'enveloppe doit fournir un degré de protection d'au moins IP2X, selon la CEI 60529. Il n'est pas nécessaire que l'enveloppe soit soumise aux essais pour les enveloppes de la CEI 60079-0; par contre, pour les matériels portables, l'essai de chute de la CEI 60079-0 s'applique toujours.

Les enveloppes pour les matériels associés de Groupe III doivent satisfaire aux exigences de 6.1.2.

6.2 Dispositifs de raccordement des circuits externes

6.2.1 Bornes

En plus de satisfaire aux exigences du Tableau 6.3, les bornes de raccordement des circuits de sécurité intrinsèque doivent être séparées des bornes de raccordement des circuits de sécurité non 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 1 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 réalisée par la distance, l'espace entre les parties conductrices nues des bornes doit être d'au moins 50 mm.

NOTE 2 Il faut prendre des précautions dans la disposition des bornes et dans la méthode de câblage utilisée afin que le contact entre les circuits soit improbable si un fil quitte son logement.

- b) Lorsque la séparation est obtenue en plaçant les bornes des circuits de sécurité intrinsèque et de sécurité non intrinsèque dans des enveloppes séparées, ou par l'utilisation entre bornes soit d'une cloison isolante soit d'une cloison métallique raccordée 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 parties conductrices des bornes, la mesure étant effectuée dans toutes les directions autour de la cloison;
- 2) les cloisons métalliques doivent être raccordées 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 10.6.3 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 un IRC approprié, 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 une épaisseur d'au moins 0,9 mm ou être conformes à 10.6.3 si leur épaisseur est plus faible.

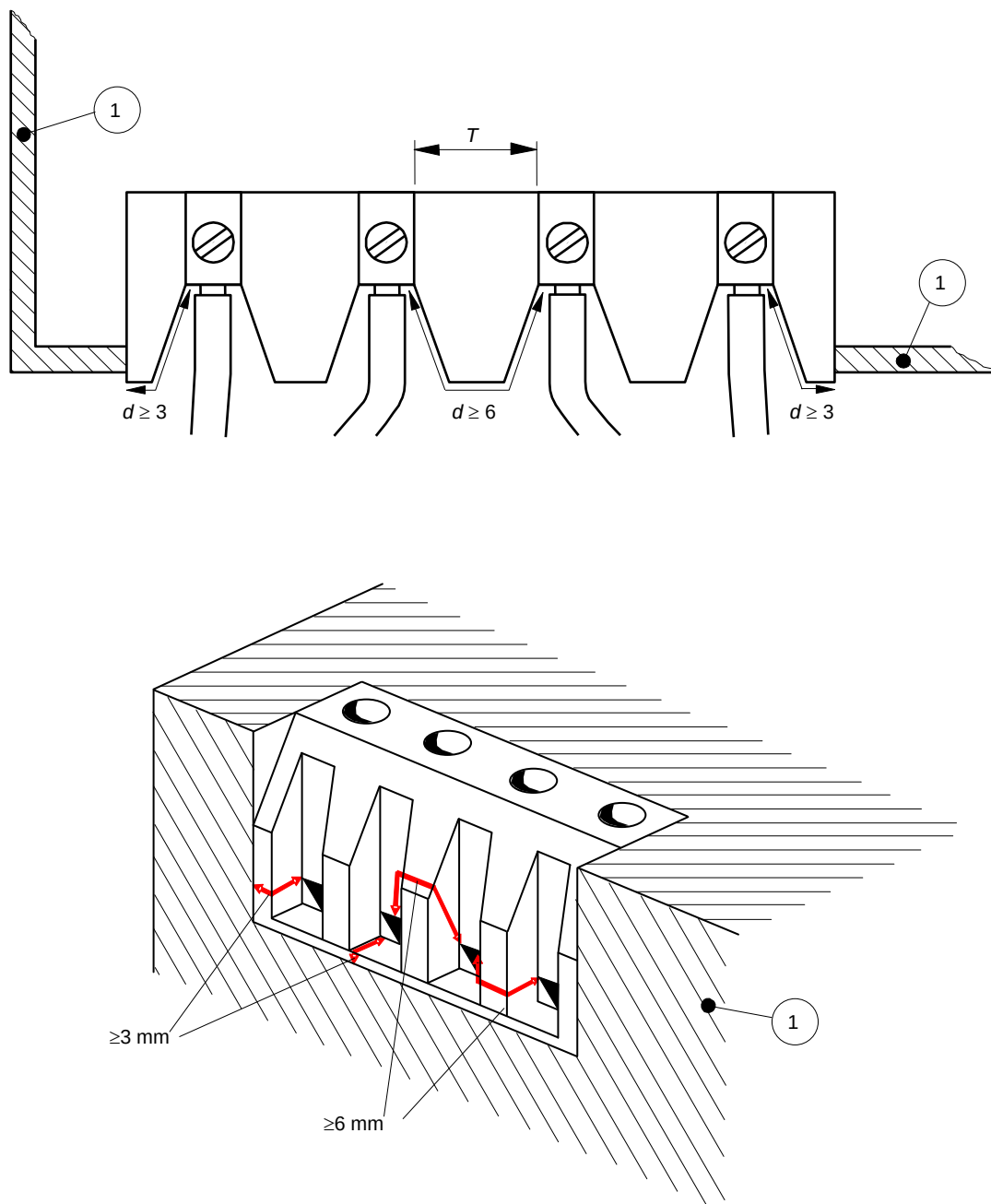
Les distances dans l'air et les lignes de fuite entre les parties conductrices nues des bornes des circuits de sécurité intrinsèque séparés et les parties conductrices raccordées à la terre ou en potentiel libre doivent être supérieures ou égales aux valeurs données dans le Tableau 5.

Lorsque l'on considère des circuits de sécurité intrinsèque séparés, la distance dans l'air entre les parties conductrices nues des dispositifs de raccordement doit être:

au moins 6 mm entre les circuits de sécurité intrinsèque séparés;

au moins 3 mm par rapport aux parties raccordées à la terre, si le raccordement à la terre n'a pas été considéré lors de l'analyse de sécurité.

Voir la Figure 1 quand on mesure des distances autour des parois d'isolation solide ou des cloisons. Tout mouvement possible de pièces métalliques qui ne sont pas fixées rigidement doit être pris en compte.



IEC 1380/06

Légende

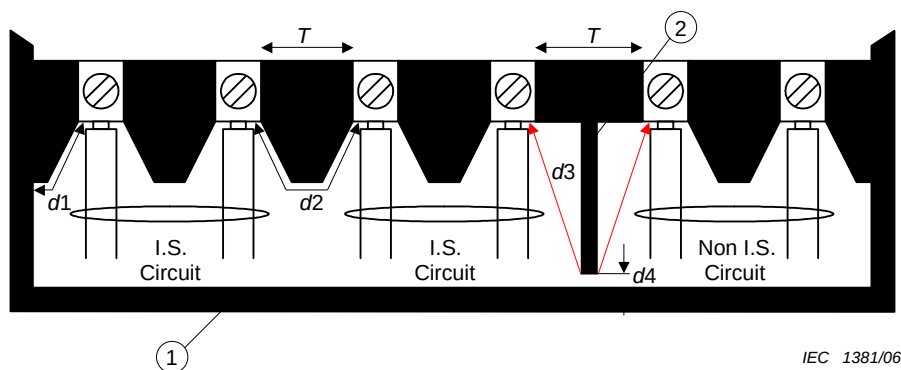
1 Couverture conducteur

T Distances en accord avec 6.3

d Distance dans l'air aux dispositifs de raccordement externes des bornes en accord avec 6.2.1

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 1a – Exigences de distance pour les bornes recevant des circuits de sécurité intrinsèque distincts



Légende

1 Couvercle: non conducteur ou conducteur raccordé à la terre

2 Cloison en accord avec 6.2.1b); dans cet exemple, elle doit être solidaire de la base ou collée à celle-ci;

T Distances en accord avec 6.3

$d1 \geq 3 \text{ mm}$; quand le couvercle est conducteur et raccordé à la terre.

$d2 \geq 6 \text{ mm}$

$d3 \geq 50 \text{ mm}$ ou $d4 \leq 1,5 \text{ mm}$

I.S. Circuit: Circuit de sécurité intrinsèque

NON I.S. Circuit: Circuit de sécurité non intrinsèque

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

Figure 1b – Exemple de séparation de bornes de circuits de sécurité intrinsèque et de circuits de sécurité non intrinsèque avec utilisation d'une cloison

Figure 1 – Séparation de bornes de circuits de sécurité intrinsèque et de circuits de sécurité non intrinsèque

6.2.2 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 de sécurité non intrinsèque.

Lorsqu'un matériel à 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 n'est pas préfabriquée avec ses fils, les dispositifs de raccordement doivent être conformes à 6.2.1. Si, cependant, les connexions exigent l'utilisation d'un outil spécial, par exemple par sertissage, de sorte qu'il n'est pas possible qu'une extrémité de fil devienne libre, alors les dispositifs de raccordement n'ont besoin d'être conformes qu'au Tableau 5.

Lorsqu'un connecteur comporte des circuits raccordés à la terre et que le mode de protection dépend de la connexion à la terre, alors le connecteur doit être construit conformément à 6.5.

6.2.3 Détermination du rapport externe maximal de l'inductance à la résistance (L_0/R_0) pour des sources de puissance limitées par résistance

Le rapport externe maximal de l'inductance à la résistance (L_0/R_0) qui peut être branchée 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_S aux bornes de sortie de la source dépasse 1 % de C_0 .

$$\frac{L_0}{R_0} = \frac{8eR_S + (64e^2R_S^2 - 72U_0^2 eL_S)^{1/2}}{4,5 U_0^2} \text{ H}/\Omega$$

où

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

- Pour les matériels du Groupe I: 525 μJ
- Pour les matériels du Groupe IIA: 320 μJ
- Pour les matériels du Groupe IIB: 160 μJ
- Pour les matériels du Groupe IIC: 40 μJ

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

U_0 est la tension maximale en circuit ouvert, en volts;

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

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

Si $L_S = 0$

alors
$$\frac{L_0}{R_0} = \frac{32 e R_S}{9 U_0^2} \text{ H}/\Omega$$

Lorsqu'un coefficient de sécurité de 1 est exigé, on doit multiplier la valeur de L_0/R_0 par 2,25.

NOTE 1 L'utilisation normale du rapport L_0/R_0 est relative aux paramètres répartis, par exemple des câbles. Son emploi pour des inductances et résistances localisées nécessite des précautions particulières.

NOTE 2 L_0/R_0 peut être déterminé expérimentalement pour des sources de puissance non linéaires par essai du circuit avec plusieurs valeurs discrètes de L_0 et R_0 en utilisant l'essai à l'éclateur de 10.1. Il convient que les valeurs de R_0 utilisées s'étendent pratiquement d'un court-circuit (I_0 maximum) à un circuit pratiquement ouvert (I_0 proche de zéro) et qu'une tendance établie assure que L_0/R_0 ne provoquera pas une défaillance dans l'essai d'étincelle.

6.2.4 Câble solidaire en permanence

Un matériel qui est construit avec un câble installé à demeure pour les connexions externes doit être soumis à l'essai de traction de 10.9 du câble lorsque la rupture des extrémités internes du matériel peut conduire à une invalidation 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.

6.2.5 Exigences pour les connexions et les accessoires des matériels à sécurité intrinsèque lorsqu'ils sont placés dans la zone non dangereuse

Le matériel à sécurité intrinsèque peut être équipé de dispositifs de raccordement dont l'utilisation est restreinte dans une zone non dangereuse, par exemple le téléchargement de données et les connexions pour charge d'accumulateur. De tels dispositifs doivent être munis de protections pour assurer que les caractéristiques assignées des composants de sécurité dans le matériel à sécurité intrinsèque sont conformes à 7.1. L'utilisation d'un ensemble Zener shunt protégé par un coupe-circuit à fusible conforme à 7.3 et 7.5.2 doit être considérée comme étant une protection suffisante pour la limitation de tension.

Lorsque ces connexions sont fournies pour le raccordement du chargeur d'accumulateur, voir aussi 7.4.9.

Les circuits et composants de protection peuvent résider soit dans le matériel à sécurité intrinsèque, soit dans le matériel en zone non dangereuse. Si une partie quelconque du circuit de protection est située dans la partie située en zone non dangereuse, elle doit être évaluée conformément à la présente Norme et la partie du matériel située en zone non dangereuse doit être déclaré dans la documentation.

La tension maximale U_m qui peut être appliquées à ces connexions de zone non dangereuse doit être déclarée dans la documentation et marquée sur le matériel de sécurité intrinsèque. U_m aux dispositifs de raccordement doit être supposée être la tension d'alimentation normale du réseau, par exemple 250 Vca sauf marquage contraire.

NOTE Si la valeur U_m est inférieure à 250 Vca; il convient de ne pas la dériver d'un matériel non évalué.

De plus, le circuit du matériel à sécurité intrinsèque doit être pourvu d'un moyen empêchant la fourniture d'une énergie capable de provoquer une inflammation à ces connexions en zone sûre lorsqu'elles se trouvent en zone dangereuse.

NOTE Ces exigences ne s'appliquent pas à l'utilisation de connexions par le fabricant au cours de la production, des essais, des réparations ou de la révision complète.

6.3 Distances de séparation

6.3.1 Généralités

Les exigences pour les distances de séparation sont données de 6.3.2 à 6.3.14. Une méthode alternative pour le dimensionnement des distances de séparation est donnée dans l'Annexe F

6.3.2 Séparation des parties conductrices

La séparation des parties conductrices entre

- des circuits de sécurité intrinsèque et de sécurité non intrinsèque, ou
- différents circuits de sécurité intrinsèque, ou
- un circuit et des parties métalliques isolées ou raccordées 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.

Les distances de séparation qui sont conformes aux valeurs du Tableau 5 ou de l'Annexe F dans les conditions de 6.1.2.2, 6.1.2.3 ou 6.1.3 ne doivent pas pouvoir être l'objet de défauts.

Le mode de panne d'une défaillance de séparation doit être uniquement un court-circuit.

Les exigences de séparation ne doivent pas s'appliquer lorsqu'un conducteur raccordé à la terre, par exemple une piste de circuit 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 raccordée à la terre puisse écouler le courant maximal qui circulerait dans les conditions de défaut. Les exigences de lignes de fuite ne doivent pas s'appliquer lorsque des pistes de cartes de circuits imprimés raccordées à la terre séparent des pistes conductrices nécessitant une séparation mais par contre les exigences de distance dans l'air doivent être appliquées. Les exigences de distance dans l'air ne doivent pas s'appliquer lorsqu'une cloison métallique de hauteur suffisante

raccordée à la terre ne permet pas une décharge entre des composants nécessitant une séparation.

NOTE 1 Par exemple, le mode de protection dépend de la séparation de parties métalliques raccordées 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 raccordée à la terre ou isolée.

Une cloison métallique raccordée 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 raccordement 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 du dispositif rigide et raccordée à la terre, soit être conforme à 10.6.3 si son épaisseur est plus faible.

Lorsqu'une cloison non métallique isolante ayant une épaisseur et un IRC appropriés selon le Tableau 5 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 à condition que celle-ci ait une épaisseur d'au moins 0,9 mm ou bien soit conforme à 10.6.3 si elle est de plus faible épaisseur.

NOTE 2 Les méthodes d'évaluation sont données en Annexe C.

6.3.2.1 Distances conformes au Tableau 5

Pour les Niveaux de Protection «ia» et «ib», les distances de séparation les plus petites qui sont inférieures aux valeurs spécifiées dans le Tableau 5 mais qui sont supérieures ou égales à un tiers de cette valeur doivent être considérées comme sujet à défauts de courts-circuits pris en compte si cela dégrade la sécurité intrinsèque.

Pour les Niveaux de Protection «ia» et «ib», si les distances de séparation sont inférieures à un tiers de la valeur spécifiée dans le Tableau 5, elles doivent être considérées comme sujet à défauts de courts-circuits non pris en compte si cela dégrade la sécurité intrinsèque.

Pour le Niveau de Protection «ic», si les distances de séparation sont inférieures aux valeurs spécifiées dans le Tableau 5, elles doivent être considérées comme des courts-circuits si cela dégrade la sécurité intrinsèque.

6.3.2.2 Distances conformes à l'Annexe F

Pour les Niveaux de Protection «ia» et «ib», si les distances de séparation sont inférieures aux valeurs spécifiées dans l'Annexe F, elles doivent être considérées défaillir comme indiqué en F.3.1 si cela dégrade la sécurité intrinsèque.

Pour le Niveau de Protection «ic», si les distances de séparation sont inférieures aux valeurs spécifiées dans l'Annexe F, elles doivent être considérées comme des courts-circuits si cela dégrade la sécurité intrinsèque.

Tableau 5 – Distances dans l'air, lignes de fuite et distances de séparation

1	2		3		4		5		6		7
Tension (valeur crête) V	Distance dans l'air mm		Distance au travers d'un compound de moulage mm		Distances de séparation au travers d'une isolation solide mm		Lignes de fuite mm		Distance sous revêtement mm		Indice de résistance au cheminement (IRC) ^{a)}
Mode de protection	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib, ic
10	1,5	0,4	0,5	0,2	0,5	0,2	1,5	1,0	0,5	0,3	-
30	2,0	0,8	0,7	0,2	0,5	0,2	2,0	1,3	0,7	0,3	100
60	3,0	0,8	1,0	0,3	0,5	0,3	3,0	1,9	1,0	0,6	100
90	4,0	0,8	1,3	0,3	0,7	0,3	4,0	2,1	1,3	0,6	100
190	5,0	1,5	1,7	0,6	0,8	0,6	8,0	2,5	2,6	1,1	175
375	6,0	2,5	2,0	0,6	1,0	0,6	10,0	4,0	3,3	1,7	175
550	7,0	4,0	2,4	0,8	1,2	0,8	15,0	6,3	5,0	2,4	175
750	8,0	5,0	2,7	0,9	1,4	0,9	18,0	10,0	6,0	2,9	175
1 000	10,0	7,0	3,3	1,1	1,7	1,1	25,0	12,5	8,3	4,0	175
1 300	14,0	8,0	4,6	1,7	2,3	1,7	36,0	13,0	12,0	5,8	175
1 575	16,0	10,0	5,3		2,7		49,0	15,0	16,3		175
3,3 k		18,0	9,0		4,5			32,0			
4,7 k		22,0	12,0		6,0			50,0			
9,5 k		45,0	20,0		10,0			100,0			
15,6 k		70,0	33,0		16,5			150,0			

^{a)} La preuve de conformité aux exigences d'IRC des matériaux d'isolation doit être par le fabricant. Pour les tensions jusqu'à 10 V, il n'est pas requis de spécifier le IRC des matériaux d'isolation.

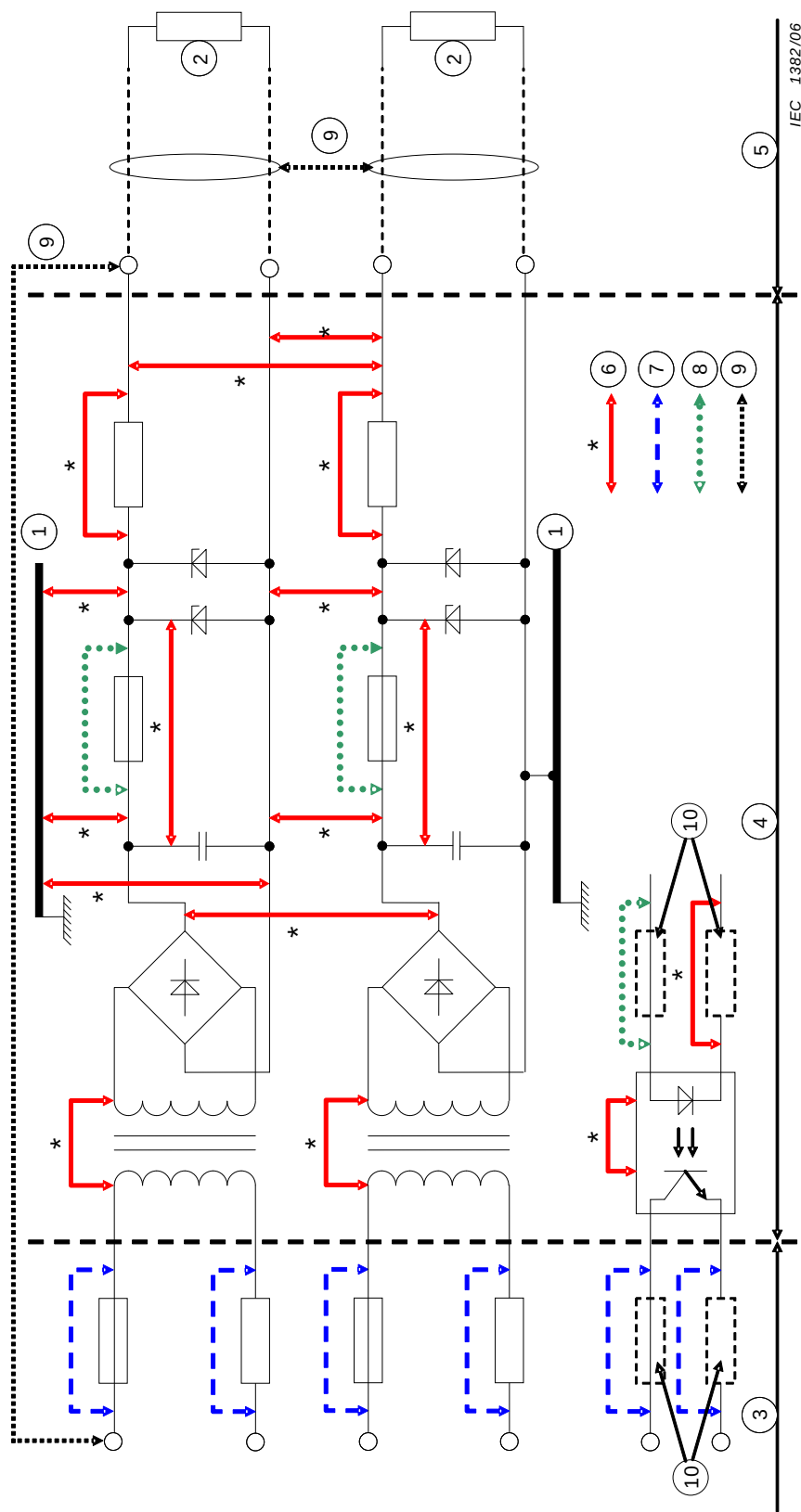


Figure 2 – Exemple de séparation de parties conductrices

6.3.3 Tension entre parties conductrices

La tension qui est prise en considération lorsqu'on utilise le Tableau 5 ou l'Annexe F doit être 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 2), la tension entre un circuit de sécurité intrinsèque et

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

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

- a) Pour les circuits qui sont séparés galvaniquement 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 assignées des circuits, ou
 - des tensions maximales, définies par le constructeur, qui peuvent sans dommage être appliquées 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 ne doit pas être 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:

$\sqrt{2} \times$ la valeur efficace de la tension assignée.

- b) Entre parties d'un 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 utilisées pour obtenir les valeurs maximales.

Toute tension externe doit être considérée comme ayant la valeur U_m ou U_l spécifiée pour les dispositifs de raccordement par lesquels elle est appliquée. Les tensions transitoires telles que celles pouvant apparaître avant un dispositif de protection, par exemple un coupe-circuit à fusibles, qui 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.

6.3.4 Distance dans l'air

Les cloisons isolantes qui ne satisfont pas aux exigences de 6.3.2 ne doivent pas être pris en considération. Les autres parties isolantes doivent respecter la colonne 4 du Tableau 5.

Pour des tensions supérieures à 1 575 V crête, une cloison isolante de séparation ou une cloison métallique raccordée à la terre doit être utilisée. Dans les deux cas, la cloison doit respecter les exigences de 6.3.2.

6.3.5 Distances de séparation au travers d'un compound de moulage

Le compound de moulage doit être conforme aux exigences de 6.6 Pour les parties qui nécessitent l'encapsulage, la distance minimale de séparation entre les parties conductrices encapsulées et les composants encapsulés d'une part, et la surface libre du compound de moulage d'autre part, doit être au moins égale à la moitié des valeurs de la colonne 3 du Tableau 5, avec une distance minimale de 1 mm. Lorsque le compound de moulage est en contact direct (et y adhère) avec une enveloppe en matériau d'isolation solide conforme à la colonne 4 du Tableau 5, aucune autre séparation n'est requise (voir Figure D.1).

L'isolation du circuit encapsulé doit être conforme à 6.3.13.

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'encapsulation ne sont pas définies, est à considérer comme un unique défaut pris en compte.

NOTE D'autres recommandations sont données dans l'Annexe D.

6.3.6 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 6.3.13 lorsque la distance de séparation est en conformité avec le Tableau 5 ou avec l'Annexe F Le courant maximal dans un conducteur isolé ne doit pas dépasser les spécifications données par le fabricant.

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

NOTE 2 Pour les besoins de la présente Norme, une isolation solide est considérée comme étant 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.

NOTE 4 Il convient de considérer les séparations entre des pistes adjacentes sur des couches intermédiaires de cartes de circuits imprimés comme étant des distances de séparation au travers d'une isolation solide.

6.3.7 Séparations composites

Lorsque des séparations conformes au Tableau 5 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 colonne du Tableau 5. Par exemple pour 60 V:

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

distance dans l'air (colonne 2) = 3 × distance de séparation au travers d'un compound de moulage (colonne 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 les Niveaux de Protection «ia» et «ib», pour que les séparations soient infaillibles, le résultat ci-dessus ne doit pas être inférieur à la valeur de la distance dans l'air spécifiée dans le Tableau 5.

Toute distance dans l'air ou distance de séparation qui est inférieure au tiers de la valeur spécifiée au Tableau 5 ne doit pas être prise en considération lors du calcul.

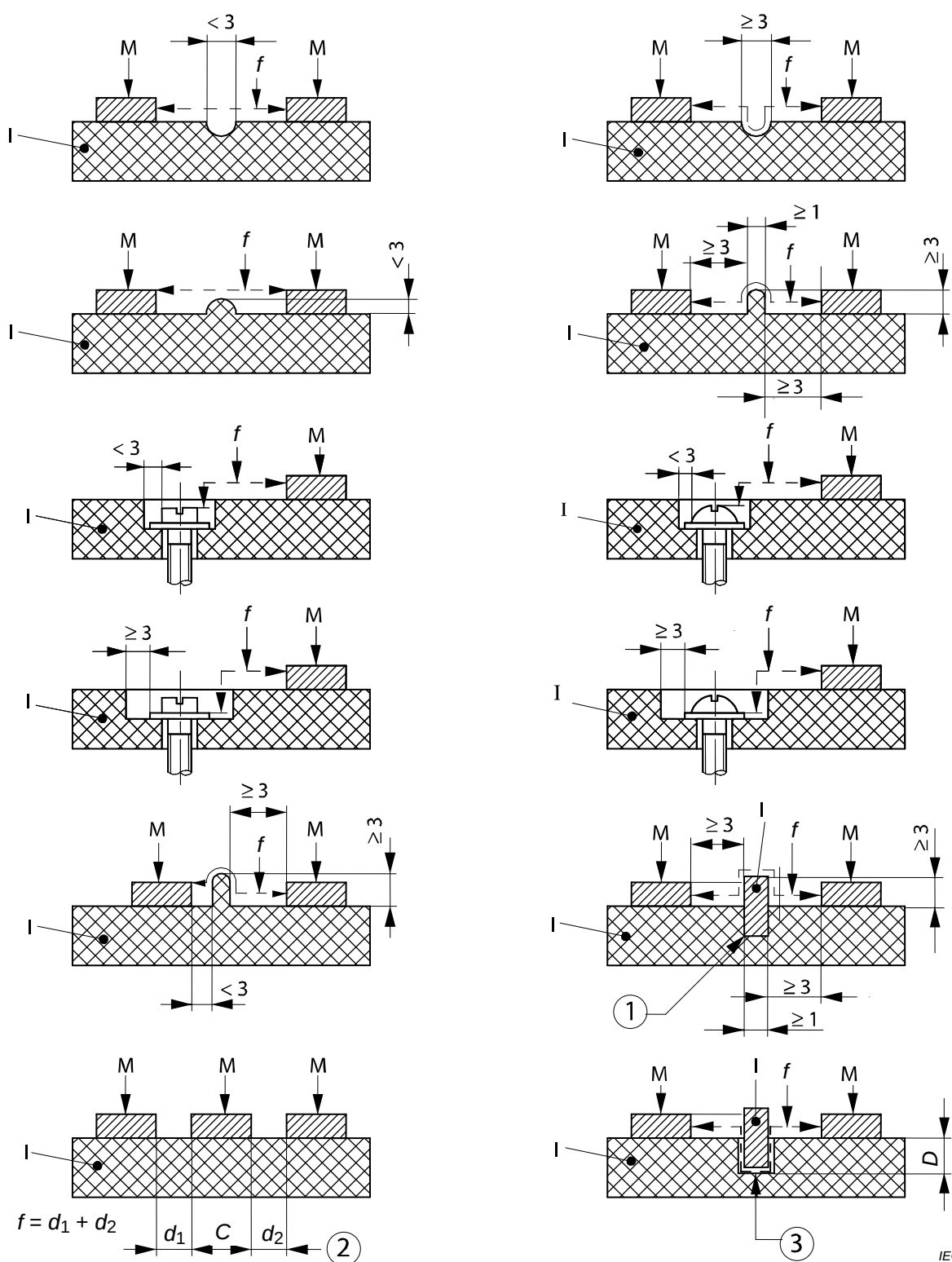
Pour le Niveau de Protection «ic», les résultats ci-dessus ne doivent pas être inférieurs à la valeur de distance dans l'air spécifiée au Tableau 5.

6.3.8 Lignes de fuite

Pour les lignes de fuite dans l'air spécifiées à la colonne 5 du Tableau 5, le matériau isolant doit être conforme aux exigences de la colonne 7 du Tableau 5 ou de l'Annexe F si cela est applicable qui spécifient 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 3.

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

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 colonne 5 du Tableau 5 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 raccordée à la terre doit être utilisée. Dans les deux cas, la cloison doit respecter les exigences de 6.3.2.



IEC 1383/06

6.3.9 Distance sous revêtement

Un revêtement enrobant conforme doit soustraire les chemins 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'une autre couche est appliquée, à condition qu'aucun dommage ne se produise pendant le soudage. D'autres méthodes d'application exigent seulement une couche, par exemple le revêtement par immersion, l'application à la brosse ou l'imprégnation sous vide. Un masque de soudage conforme aux exigences relatives à un revêtement de type 1 selon la CEI 60664-3 est considéré comme un revêtement conforme et un revêtement supplémentaire n'est pas exigé. Le fabricant doit apporter la preuve de la conformité à ces exigences.

NOTE 1 La présente Norme n'exige pas que la conformité du revêtement aux spécifications de son fabricant soit vérifiée.

La méthode utilisée pour le revêtement de la carte doit être spécifiée dans la documentation conformément aux exigences de la CEI 60079-0 relatives à documentation. Quand le revêtement est considéré comme approprié pour protéger les parties conductrices, par exemple des joints de soudures et des connexions de composants, d'une perforation du revêtement, cela doit être établi dans la documentation et confirmé par examen. Les distances dans le revêtement doivent être conformes à la colonne 6 du Tableau 5.

Lorsque des conducteurs nus ou des parties conductrices nues émergent du revêtement, l'indice de résistance au cheminement (IRC) de la colonne 7 du Tableau 5 ou de la colonne 7 du Tableau F.2 ou le groupe de matériel tel que spécifié en F.3.1 doit s'appliquer à la fois à l'isolant et au revêtement.

NOTE 3 Le concept de distance sous revêtement a été élaboré pour des surfaces planes telles que les cartes à circuits imprimés rigides. Les cartes de circuit imprimé flexibles doivent avoir un revêtement suffisamment élastique pour ne pas se fissurer. Des applications radicalement différentes nécessitent des études spéciales.

6.3.10 Exigences pour les cartes à 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 exigences suivantes (voir Figure 4):

- a) lorsque le circuit imprimé est recouvert par un revêtement enrobant selon 6.3.9, les exigences de 6.3.4 et de 6.3.8 doivent s'appliquer 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 exigences de 6.3.9 doivent s'appliquer aux circuits ou parties de circuits avec leurs composants montés lorsque le revêtement recouvre les broches de liaison, les raccordements soudés et les parties conductrices de tout composant;
- c) quand un composant est monté au-dessus à tout à côté d'une piste d'un circuit imprimé, un défaut non pris en compte doit être considéré comme apparaissant entre la partie conductrice du composant et la piste sauf si:
 - 1) la séparation est en accord avec 6.3.2 entre la partie conductrice du composant et la piste. ou
 - 2) une défaillance se produit dans une condition moins sévère.

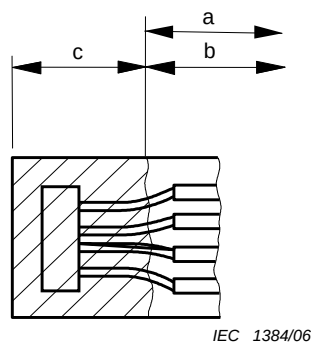


Figure 4a – Carte partiellement revêtue

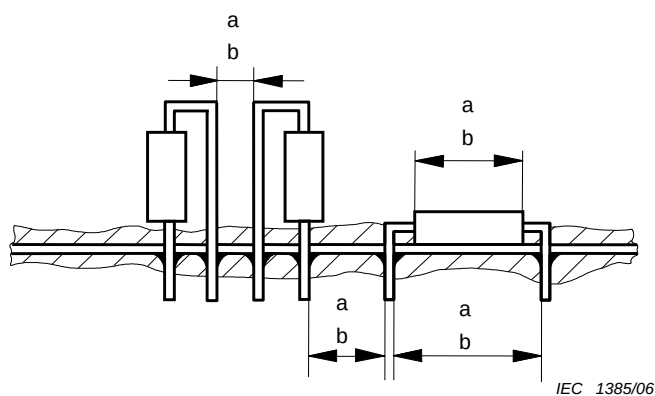


Figure 4b – Carte avec sorties soudées émergentes

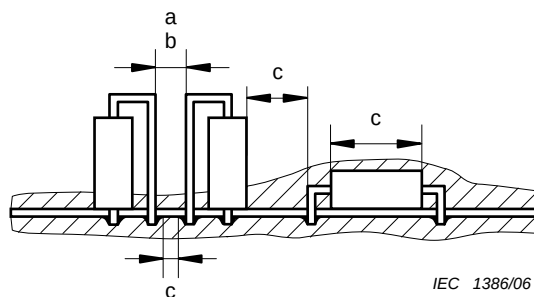


Figure 4c – Carte avec sorties soudées pliées ou coupées

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

Légende

- a Appliquer les exigences de distances dans l'air de 6.3.3
- b Appliquer les exigences de lignes de fuite de 6.3.7
- c Appliquer les exigences de distances sous revêtement de 6.3.8

Figure 4 – Lignes de fuite et distances dans l'air sur des cartes à circuits imprimés

6.3.11 Séparation par écrans raccordés à la terre

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

Lorsqu'une connexion est faite à travers un connecteur, celui-ci doit être construit selon 6.5.

6.3.12 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 6.3.6).

La séparation des conducteurs doit être déterminée par addition des épaisseurs radiales d'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.

La distance entre l'âme de tout conducteur d'un circuit de sécurité intrinsèque et celle de tout conducteur d'un circuit de sécurité non intrinsèque doit être conforme à la colonne 4 du Tableau 5 en prenant en compte les exigences de 6.3.7, sauf dans l'un des cas suivants:

- les conducteurs du circuit de sécurité intrinsèque ou ceux du circuit de sécurité non intrinsèque sont entourés par un écran relié à la terre; ou
- dans les matériels de Niveaux de Protection «ib» et «ic», l'isolation des conducteurs du circuit de sécurité intrinsèque peut supporter un essai diélectrique sous tension alternative de valeur efficace égale à 2 000 lorsque l'essai est mené conformément à 10.3.

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

6.3.13 Exigence de rigidité diélectrique

L'isolation entre un circuit de sécurité intrinsèque et le châssis de l'équipement électrique ou des parties qui peuvent être reliées à la terre doit pouvoir supporter l'essai décrit en 10.3 sous une tension alternative efficace égale au double de la tension du circuit de sécurité intrinsèque ou à 500 V efficace, la plus grande des deux valeurs étant retenue.

Quand le circuit ne remplit pas cette exigence, le matériel doit être marqué avec le symbole «X» et la documentation doit donner les informations nécessaires pour une installation correcte.

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

6.3.14 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 eff ou 250 V eff 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 5 pour la tension concernée doivent être doublées.

Pour des valeurs plus élevées, les circuits de sécurité intrinsèque et les circuits de sécurité non intrinsèque ne doivent être connectés au même relais que s'ils sont séparés par une barrière métallique mise à la terre ou par une barrière isolante conforme à 6.3.2. Les dimensions d'une telle barrière isolante doivent prendre en compte l'ionisation apparaissant lors du fonctionnement du relais qui peut généralement exiger des lignes de fuite et des distances dans l'air supérieures à celles données dans le Tableau 5.

Lorsqu'un relais a des contacts dans des circuits de sécurité intrinsèque et d'autres contacts dans des circuits de sécurité non intrinsèque, les contacts de sécurité intrinsèque et de sécurité non intrinsèque doivent, en plus des exigences du Tableau 5, être séparés par une barrière isolante ou métallique raccordée à la terre conforme à 6.3.2. 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 de sécurité non intrinsèque.

Autrement, la séparation des relais peut être évaluée en appliquant l'Annexe F, en prenant en compte les conditions ambiantes et les catégories de surtension données dans l'Annexe F. Les exigences pour les barrières métalliques raccordées à la terre ou les barrières isolantes doivent être appliquées aussi dans ce cas. Si les barrières métalliques raccordées à la terre ou les barrières isolantes sont incorporées dans l'enveloppe du relais, alors 10.6.3 s'applique au relais dans son enveloppe et non aux barrières métalliques raccordées à la terre ou aux barrières isolantes elles-mêmes.

6.4 Protection contre une inversion de polarité

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

6.5 Conducteurs de raccordement à la terre, connexions et bornes de raccordement

Lorsque le raccordement 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 exigé 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 raccordés à la terre et que le mode de protection dépend du raccordement 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 5). 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 approprié 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 exigences de la CEI 60079-7 sont considérés comme satisfaisant à ces exigences.

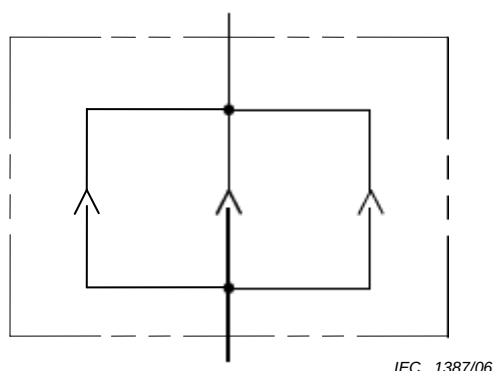


Figure 5a – Exemple de trois éléments de connexion indépendants

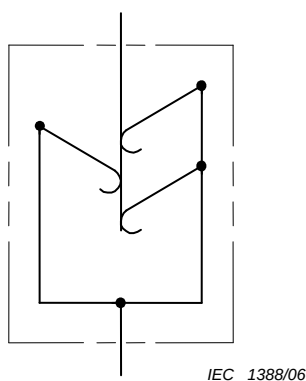


Figure 5b – Exemple de trois éléments de connexion qui ne sont pas indépendants

Figure 5 – Exemples d'éléments de connexion indépendants et non indépendants

Les éléments suivants ne doivent pas être employés:

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

6.6 Encapsulage

6.6.1 Généralités

Pour les matériels à sécurité intrinsèque, tous les circuits reliés aux parties conductrices encapsulées et/ou aux composants et/ou aux parties nues dépassant du compound doivent être de sécurité intrinsèque. Les conditions de défaut à l'intérieur du compound doivent être évaluées, mais la possibilité d'inflammation par étincelle à l'intérieur ne doit pas être considérée.

Pour le matériel associé, les conditions de défaut dans le compound doivent être évaluées.

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

L'encapsulage peut être appliqué par moulage par coulée, moulage ou coulage.

Lorsque l'encapsulage est utilisé, cela doit satisfaire aux conditions suivantes et, le cas échéant, cela s'applique également à tout moule d'empotage ou partie d'une enveloppe utilisée dans le processus d'encapsulage.

- a) avoir une température d'emploi, spécifiée par le fabricant du compound de moulage ou du matériel, qui soit au moins égale à la température maximale atteinte par tout composant lorsque l'encapsulage est réalisé.
- b) d'autres températures plus élevées que la température assignée du compound doivent être acceptées si elles n'occasionnent aucun dommage au compound. Lorsque la température du compound dépasse la température de fonctionnement continu (COT), aucun dommage visible du compound susceptible de dégrader le mode de protection ne doit être apparent, tel que fissure dans le compound, mise à nu de parties encapsulées, écaillage, rétrécissement inadmissible, gonflement, décomposition ou ramollissement. En outre, le compound ne doit présenter aucun signe évident de surchauffe qui compromettrait la protection.
- c) présenter sur sa surface libre une valeur d'IRC au moins égale à celle spécifiée au Tableau 5 ou dans l'Annexe F si des parties conductrices nues émergent du compound de moulage;
- d) seuls les matériaux passant l'essai de 10.6.1 doivent avoir une surface libre exposée et non protégée, constituant ainsi une partie de l'enveloppe;
- e) adhérer à toutes les parties conductrices, composants et supports de base, sauf s'ils sont complètement pris dans le compound;
- f) le compound doit être exempt de trous, sauf pour ce qui concerne l'encapsulage de composants contenant un espace libre (transistors, relais, éléments de coupure, etc.).
- g) être défini par son nom générique et sa désignation de type donnés par le fabricant du compound.

NOTE D'autres recommandations sont données dans l'Annexe D.

6.6.2 Encapsulage utilisé pour l'exclusion des atmosphères explosives

Lorsque le moulage par coulée est utilisé pour exclure les atmosphères explosives des composants et des circuits de sécurité intrinsèque, il doit être conforme à 6.3.5.

Lorsque le moulage est utilisé pour exclure une atmosphère explosive des composants et des circuits de sécurité intrinsèque, l'épaisseur minimale jusqu'à la surface libre doit être conforme à la colonne 4 du Tableau 5 (voir Figures D.3a et D.3b).

Dans un matériel à sécurité intrinsèque où un compound est utilisé pour réduire les possibilités d'inflammation du fait de composants chauds, par exemple des diodes et résistances, le volume du compound de moulage et son épaisseur doivent réduire la température maximale de surface du compound jusqu'au niveau désiré.

NOTE 1 Des exemples d'application de 6.6.2 sont: les coupe-circuit à fusibles, les dispositifs piézoélectriques avec leurs composants de suppression et les dispositifs de stockage d'énergie avec leurs composants de suppression.

7 Composants dont dépend la sécurité intrinsèque

7.1 Caractéristiques des composants

Pour les Niveaux de Protection «ia» et «ib» en fonctionnement normal comme après application des conditions de défaut définies à l'Article 5, aucun des composants restants dont dépend le mode de protection ne doit travailler à plus des deux tiers de la valeur maximale de

son courant, sa tension ou sa puissance par rapport à leurs caractéristiques assignées, aux conditions de montage et à la gamme de températures spécifiées. Pour le Niveau de Protection «ic» en conditions de fonctionnement normal, les composants dont dépend le mode de protection ne doivent pas fonctionner au-dessus de leur courant et tension maximaux et pas à plus des deux tiers de leur puissance maximale. Ces valeurs maximales assignées doivent être les caractéristiques assignées commerciales normales spécifiées par le fabricant du composant.

Pour les Niveaux de Protection “ia”, “ib” et “ic”, il est permis aux transformateurs, coupe-circuit à fusibles, protections thermiques, relais, optocoupleurs et contacts de travailler à leurs caractéristiques assignées afin de fonctionner correctement

On doit aussi tenir compte des effets des conditions de montage, de la gamme de températures ambiantes et d'autres influences environnementales, et les exigences de température de service de la CEI 60079-0 doivent être prises en compte pour déterminer les caractéristiques des composants. Par exemple, dans le cas d'un semi-conducteur, la puissance dissipée ne doit pas dépasser les deux tiers de la puissance requise pour porter la jonction à sa température admissible maximale dans les conditions de montage données.

Les taux de travail des composants doivent être tels que ci-dessus même lorsque le matériel à sécurité intrinsèque est connecté à d'autres matériels utilisés dans une zone non dangereuse, par exemple pendant la charge, la maintenance, les opérations de récupération de données, en incluant l'application des défauts requis dans le matériel à sécurité intrinsèque.

Les connecteurs de programmation à l'intérieur du circuit qui ne sont pas accessibles à l'utilisateur et qui sont uniquement utilisés par le fabricant lors de la maintenance et la réparation sont dispensés des exigences de cet article.

Quand une résistance et un condensateur sont connectés en série pour limiter la décharge du condensateur, la résistance peut être considérée comme dissipant une puissance égale en watts à CU^2 , où C est la capacité en farads, U est la tension en volts.

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 coefficients de sécurité de 5.2 et de 5.3 évitent le besoin d'essais ou d'évaluations détaillés. Par exemple, une diode Zener spécifiée par son fabricant à 10 V + 10 % 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.

7.2 Connecteurs pour connexions internes, cartes et composants enfichables

Ces connecteurs doivent être conçus de telle manière qu'une connexion incorrecte ou une intervention 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 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 raccordés à la terre et que le mode de protection dépend de la connexion à la terre, alors le connecteur doit être construit conformément à 6.5

7.3 Coupe-circuit à fusibles

Lorsque des coupe-circuit à fusibles sont utilisés pour protéger d'autres composants, on doit supposer que $1,7 I_n$ circule continuellement. La résistance à froid du coupe-circuit à fusibles à la température ambiante minimale spécifiée peut être considérée comme une résistance

infaillible conforme à 8.5 pour ce qui concerne la limitation du courant. (En l'absence de données, cela peut être pris comme la résistance minimale à la température ambiante minimale spécifiée, mesurée sur 10 échantillons comme requis en 10.4). 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 10.4 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 de Niveaux de Protection «ia» et «ib» qui transportent un courant quand ils sont situés dans une atmosphère explosive doivent être encapsulés conformément à 6.6.

La rupture des coupes circuits à fusibles de Niveau de Protection «ic» n'est pas considérée comme pouvant provoquer une inflammation par échauffement.

Lorsque des coupe-circuit à fusibles sont encapsulés, le compound ne doit pas pénétrer à l'intérieur du coupe-circuit à fusibles. Cette exigence doit être satisfaite en soumettant à essai des échantillons conformément à 10.6.2 ou par une déclaration du constructeur du coupe-circuit à fusibles confirmant l'acceptabilité du coupe-circuit à fusibles pour l'encapsulation. Autrement, le coupe-circuit à fusibles doit être scellé avant l'encapsulation.

Les coupe-circuits à fusibles utilisés pour protéger des composants doivent être remplaçables uniquement en ouvrant l'enveloppe du matériel. Pour les coupe-circuit à fusibles, la désignation du type et les caractéristiques assignées 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-circuit 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 5. Les normes générales de l'industrie pour la construction des coupe-circuit à fusible et de leurs supports doivent être appliquées et leurs méthodes de montage incluant le câblage de connexion ne doivent pas réduire les distances dans l'air, les lignes de fuite et les séparations apportées par le coupe-circuit et son support. Quand cela est exigé par la sécurité intrinsèque, les distances par rapport aux autres parties du circuit doivent être conformes à 6.3.

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

Un coupe-circuit à fusibles doit avoir un pouvoir de coupure non inférieur au courant maximal prévu pour le 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 série CEI 60127 ou l'ANSI/UL 248-1 et doit être établi par le fabricant du coupe-circuit à fusibles.

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 8, 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 maximale du dispositif de limitation.

Les lignes de fuite et les distances dans l'air dans l'ensemble formé par la résistance de limitation du courant et ses pistes de connexion doivent être calculées en utilisant la tension de $1,7 \times I_n \times$ résistance maximale de la résistance de limitation du courant. Les tensions

transitoires ne doivent pas être considérées. Les distances de séparation entre la résistance et les autres parties du circuit doivent être conformes à 6.3.

7.4 Piles et accumulateurs

7.4.1 Généralités

En contradiction avec les exigences relatives aux *accumulateurs* de la CEI 60079-0, les piles et accumulateurs peuvent être connectés en parallèle dans les matériels à sécurité intrinsèque pourvu que la sécurité intrinsèque ne soit pas invalidée.

NOTE 1 L'exigence de la CEI 60079-0 *Accumulateurs* applicable aux accumulateurs en parallèle ne s'applique pas aux piles et accumulateurs dans les matériels associés, sauf s'ils sont protégés par l'un des modes de protection énumérés dans la CEI 60079-0.

Certains types de piles et accumulateurs, par exemple des types au lithium, peuvent exploser s'ils sont court-circuités ou soumis 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 à sécurité intrinsèque ou associé. Les documents et si possible le marquage relatifs au matériel doivent attirer l'attention sur les précautions de sécurité à observer.

NOTE 2 Les piles qui sont satisfaites aux exigences de l'UL 1642 ou de la CEI 62133 ou d'autres normes de sécurité applicables sont considérées satisfaites à cette exigence.

Quand des accumulateurs sont destinés à être remplacés par l'utilisateur, le matériel doit être marqué avec une étiquette d'avertissement comme spécifié au point a) de 12.3.

NOTE 3 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.

S'il faut recharger les piles ou accumulateurs dans des zones dangereuses, les circuits de charge doivent être complètement spécifiés comme partie intégrante du matériel. Le système de charge doit être tel que, même si des défauts selon 5.2, 5.3 ou 5.4 lui sont appliqués, la tension et le courant du chargeur ne dépasse pas les limites appliquées par le fabricant.

NOTE 4 Si le chargeur lui-même est utilisé dans la zone dangereuse, il convient qu'il utilise aussi des modes de protection adaptés à la zone d'utilisation.

7.4.2 Construction des batteries

La capacité d'allumage de l'étincelle et la température superficielle des piles et des batteries utilisées dans le matériel de sécurité intrinsèque doit être évaluées ou évaluées conformément à 10.5.3. La construction de la pile ou batterie seront un des types suivants:

- a) Piles ou batteries scellées (gaz hermétique);
- b) Piles ou batteries scellées (valve régulée);
- c) Piles ou batteries qui sont destinées à être scellées de la même manière aux points a) et b) mais avec un dispositif de régulation de pression.

De tels piles ou accumulateurs ne doivent pas nécessiter d'ajout d'électrolyte pendant leur durée de vie et ils doivent être enfermés dans une enveloppe métallique ou 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 un dispositif d'étanchéité en élastomère ou en matière plastique retenu sur la structure de l'enveloppe et maintenu en permanence en compression, par exemple des rondelles et des joints toriques;
- 2) la construction des parties embouties, pliées, frettées ou agrafées des enveloppes qui ne sont pas conformes à ce que précède ou les parties utilisant des matériaux qui

sont perméables aux gaz, par exemple les matériaux à base de papier, ne doivent pas être considérés comme étanches;

- 3) les joints autour des broches doivent soit être construits comme ci-dessus, soit être des joints coulés en compound thermodurcissable ou thermoplastique;
- d) pile ou accumulateur encapsulé(e) dans un compound spécifié par le fabricant du compound comme étant adapté à une utilisation avec l'électrolyte concerné et conforme à 6.6.

Une déclaration de conformité à a) ou b) doit être obtenue auprès du fabricant de la pile ou de l'accumulateur. La conformité à c) ou d) doit être déterminée par examen physique de la pile ou de l'accumulateur et, quand c'est nécessaire, à partir de ses plans de construction.

NOTE La présente Norme n'exige pas que la conformité de la pile ou de l'accumulateur aux spécifications de son fabricant soit vérifiée.

7.4.3 Fuites d'électrolyte et ventilation

L'une ou l'autre des 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 doivent être soumis à essai conformément à 10.5.2 ou une confirmation écrite doit être obtenue du fabricant de pile/accumulateur établissant que le produit est conforme à 10.5.2. Si les piles et accumulateurs qui ont des fuites d'électrolyte sont encapsulés conformément à 6.6, ils doivent être soumis à essai conformément à 10.5.2 après l'encapsulation.

Quand le matériel contient des piles ou accumulateurs dont la charge est effectuée à l'intérieur du matériel, le fabricant d'accumulateur doit démontrer que la concentration en hydrogène dans le volume libre du conteneur de l'accumulateur ne peut excéder 2 % en volume, ou les ouvertures de dégazage de tous les accumulateurs doivent être agencées de sorte que le gaz qui s'échappe ne se répande pas dans l'enveloppe du matériel contenant les composants électriques ou électroniques ou des connecteurs. Autrement, quand le matériel est conforme aux exigences pour les Niveaux de Protection «ia» ou «ib» et pour le matériel de Groupe IIC, l'exigence pour les ouvertures de dégazage ou de limitation de concentration d'hydrogène ne s'applique pas.

NOTE 1 La présente Norme n'exige pas que la conformité de la concentration en hydrogène aux spécifications du fabricant d'accumulateurs soit vérifiée.

Pour les piles rechargeables ou non rechargeables, la pression au-dessus de la pression atmosphérique à l'intérieur du boîtier de l'accumulateur et des éléments ne doit pas dépasser 30 kPa (0,3 bar). Les conteneurs d'accumulateurs qui sont scellés doivent être soumis à essai conformément à 10.5.4.

NOTE 2 Cela peut être réalisé par un évent.

NOTE 3 Dans les éléments «étanches», une pression plus élevée est admissible, mais il convient que chaque élément soit alors muni d'un dispositif de décharge de pression ou autre moyen permettant de limiter la pression à une valeur qui peut être supportée par l'élément, telle que définie par le fabricant de l'élément.

7.4.4 Tensions des éléments

Pour l'objet des évaluations et des essais, la tension de l'élément doit être celle spécifiée dans le Tableau « Piles » et le Tableau « Accumulateurs » de la CEI 60079-0. Quand un élément n'est pas énuméré dans ces tableaux, il doit être soumis à essai conformément à 10.5 pour déterminer la tension maximale en circuit ouvert et la tension nominale doit être celle spécifiée par le fabricant de l'élément.

7.4.5 Résistance interne des piles ou des accumulateurs

Lorsqu'elle est exigée, la résistance interne de la pile ou de l'accumulateur doit être déterminée conformément à 10.5.3.

7.4.6 Accumulateurs placés dans un équipement protégé par d'autres modes de protection

NOTE 1 Cet article fait référence au matériel qui est protégé par une mesure antidéflagrante (ou autre technique), mais qui contient un accumulateur et des circuits associés qui nécessitent une protection de sécurité intrinsèque quand l'alimentation principale est coupée et que l'enveloppe est ouverte dans une atmosphère explosive.

Le logement de l'accumulateur ou les dispositifs de fixation à l'équipement doivent être construits de telle sorte que l'accumulateur puisse être installé et remplacé sans dégrader la sécurité intrinsèque de l'équipement.

Quand une résistance de limitation de courant est utilisée pour limiter le courant qui peut être pris de l'accumulateur, elle doit être assignée conformément à 7.1 Les résistances de limitation de courant en série avec des piles ou des accumulateurs doivent être assignées à la tension maximale U_m , si elles ne sont pas protégées autrement. Dans ce cas, la protection peut être réalisée en utilisant une diode Zener unique assignée conformément à 7.1.

NOTE 2 Quand un dispositif de limitation de courant est nécessaire pour assurer la sécurité de la sortie de l'accumulateur, il n'y a pas d'exigence pour que le dispositif de limitation de courant soit une partie intégrante de l'accumulateur.

7.4.7 Accumulateurs utilisés et remplacés dans une atmosphère explosive gazeuse

Quand un accumulateur nécessite des dispositifs de limitation de courant pour assurer sa propre sécurité et qu'il est destiné à une utilisation ou à un remplacement dans une atmosphère explosive gazeuse, il doit constituer une unité complètement remplaçable avec ses dispositifs de limitation de courant. L'unité doit être encapsulée ou enfermée de telle sorte que seules les bornes de sortie de sécurité intrinsèque et les bornes de sortie de sécurité intrinsèque protégées correctement destinées à la charge (si elles sont fournies) soient exposées.

L'unité doit être soumise à l'essai de chute de la CEI 60079-0, à l'exception de l'essai de choc initial qui ne doit pas être effectué. La construction de l'unité doit être considérée comme appropriée si l'essai ne provoque pas d'éjection ou de séparation des éléments de l'unité et/ou du dispositif de limitation de courant de telle sorte que la sécurité intrinsèque de l'unité soit invalidée.

7.4.8 Accumulateurs utilisés mais non remplacés dans une atmosphère explosive

Si la pile ou l'accumulateur, exigeant des dispositifs de limitation de courant pour assurer la sécurité de l'accumulateur lui-même, n'est pas destiné(e) à être remplacé(e) dans une atmosphère explosive, il (elle) doit soit être protégé(e) conformément à 7.4.7, soit être logé(e) dans un compartiment sûr avec des fixations spéciales, par exemple celles spécifiées par la CEI 60079-0. Il (elle) doit aussi être conforme à ce qui suit:

- a) l'agencement du logement ou des autres moyens de fixation de la pile ou de l'accumulateur doit permettre l'installation et le remplacement de la pile ou de l'accumulateur sans diminution de la sécurité intrinsèque du matériel;
- b) les matériels portables ou les matériels placés sur la personne, prêts pour l'utilisation, tels que les émetteurs et récepteurs radio doivent être soumis à l'essai de chute de la CEI 60079-0, à l'exception de l'essai de choc initial qui ne doit pas être effectué. La construction du matériel doit être considérée comme appropriée si l'essai ne provoque pas d'éjection ou de séparation de l'accumulateur ou des piles du matériel de telle sorte que la sécurité intrinsèque du matériel ou de l'accumulateur soit invalidée;
- c) le matériel doit être marqué avec une étiquette d'avertissement comme spécifié par le point b) de 12.3 ou le point b) ou d) du 12.3.

7.4.9 Contacts externes pour la charge des accumulateurs

Les assemblages de piles ou d'accumulateurs ayant des contacts pour la charge doivent être fournis avec des moyens empêchant les courts-circuits ou pour éviter que les piles et les

accumulateurs délivrent une énergie capable de provoquer une inflammation si des contacts sont accidentellement court-circuités. Cela peut être réalisé par l'une des solutions suivantes:

- a) limiter la sortie conformément à la présente Norme; ou
- b) pour le matériel de sécurité intrinsèque de Groupe II, un degré de protection par enveloppe d'au moins IP30 doit être fourni pour le circuit de charge protégé correctement et doit être marqué avec une étiquette d'avertissement comme spécifié au point c) de 12.3 (ou point b) du Tableau « Texte de messages d'avertissement » de la CEI 60079-0). Les distances de séparation entre les contacts de charge doivent être conformes à 6.3 en considérant la tension en circuit ouvert de l'accumulateur.

7.5 Semi-conducteurs

7.5.1 Effets transitoires

Dans les matériels associés, les dispositifs à semi-conducteur doivent être capables de résister à la valeur crête de la tension alternative et à la tension continue maximale divisées par toute résistance série infaillible.

Dans un matériel à sécurité intrinsèque, tout effet transitoire généré dans le matériel et ses sources d'alimentation doit être ignorée.

7.5.2 Limiteur shunt de tension

Les semi-conducteurs peuvent être utilisés comme dispositifs de limitation shunt de tension sous réserve qu'ils satisfassent aux règles suivantes et que les régimes transitoires pertinents soient pris en compte. Par exemple, l'introduction d'un coupe-circuit à fusibles et d'une diode Zener assignée conformément à 7.1 est considérée comme un moyen approprié de limiter les transitoires pour les circuits connectés à la diode Zener.

Les semi-conducteurs doivent être capables de supporter, sans création de circuits ouverts, le courant de court-circuit qui pourrait se produire à leur point d'installation s'ils se mettaient en court-circuit, multiplié par le coefficient de sécurité approprié. Dans les cas ci-dessous, cela doit être confirmé à partir des caractéristiques du fabricant pour:

- a) les diodes, transistors associés à une diode, thyristors et dispositifs à semi-conducteur équivalents ayant un courant direct assigné d'au moins 1,5 fois le courant de court-circuit maximal possible pour le Niveau de Protection «ia» ou «ib» et 1,0 fois le courant de court-circuit maximal possible pour le Niveau de Protection «ic»;
- b) les diodes Zener ayant 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 passera si elles sont court-circuitées pour le Niveau de Protection «ia» ou «ib» et 1,0 fois le courant qui passera si elles sont court-circuitées pour le Niveau de Protection «ic».

Pour le Niveau de Protection «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., il peut être admissible 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 comme un assemblage infaillible.

Pour le Niveau de Protection «ia», trois circuits indépendants à semi-conducteur de limitation de tension active peuvent être utilisés dans les matériels associés à condition que les conditions transitoires de 7.5.1 soient respectées. Ces circuits doivent être soumis à essai conformément à 10.1.5.3.

7.5.3 Limiteurs série de courant

L'emploi de trois diodes de blocage en série dans les circuits de Niveau de Protection «ia» est admissible; 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 Niveau de Protection «ib» ou «ic».

Toutefois, en ce qui concerne la limitation en puissance, le matériel de Niveau de Protection «ia» peut utiliser des limitations de courant en série consistant en des dispositifs semi-conducteurs avec commande ou pas.

NOTE L'emploi des semi-conducteurs et des dispositifs semi-conducteurs commandés comme dispositifs de limitation de courant n'est pas admissible pour le matériel de Niveau de Protection «ia» à cause de leur utilisation future possible 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. Le courant maximal pouvant être délivré peut avoir un bref transitoire mais qui ne sera pas pris en compte comme I_0 , parce que la conformité à l'essai d'inflammation à l'éclateur de 10.1 établit la limitation réussie de l'énergie de ce transitoire.

7.6 Défaillance de composants, de connexions et de séparations

Pour les Niveaux de Protection «ia» et «ib» où un composant est assigné conformément à 7.1, la défaillance de ce dernier doit être un défaut pris en compte. Pour le Niveau de Protection «ic», où un composant est assigné conformément à 7.1, ce dernier nedom pas être considéré comme défaillant.

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 plusieurs 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 8.5).

Pour l'évaluation thermique, les résistances à couches ou bobinées actionnées jusqu'à 100 % de leur puissance assignée ne doivent pas être considérées comme défaillantes.

- d) on doit considérer que les dispositifs à semi-conducteurs sont en défaut par court-circuit ou par circuit ouvert ou 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. Cependant, les diodes (DEL et diodes Zener incluses) fonctionnant selon les exigences de 7.1 doivent être considérées uniquement pour la puissance qu'elles doivent dissiper dans le mode passant direct ou, si applicable, dans le mode Zener;
 - 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 dans le cas le plus défavorable de connexion à la suite du défaut;
 - quand on considère la tension aux broches externes d'un circuit intégré qui comporte un convertisseur de tension (par exemple un élévateur de tension ou un inverseur de tension dans les EEPROM), les tensions internes peuvent ne pas être prises en compte, pourvu qu'en fonctionnement normal, cette tension augmentée ne soit présente sur aucune des broches externes et qu'aucun composant externe comme un condensateur ou une inductance ne soit utilisé pour la conversion. Si la tension

augmentée est disponible sur une broche externe, cette tension augmentée est supposée être présente sur toutes les broches externes du circuit intégré;

NOTE La présente Norme n'exige pas que la conformité du circuit intégré aux spécifications de son fabricant soit vérifiée.

- e) les connexions doivent être considérées comme se mettant 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 8.8);
- f) les distances dans l'air, les lignes de fuite et les distances de séparation doivent être prises en compte conformément à 6.3.
- 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 8.6);
- 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 doit être prise en compte (mais voir 8.4.2);
- 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 (mais voir 8.8);

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 infaillibles conformes au 8.8 et les séparations conformes au 6.3 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.

Lorsque des connexions infaillibles ne sont pas protégées par une enveloppe avec un degré de protection assigné d'au moins IP20 quand les dispositifs de raccordement sont accessibles, l'éclateur peut être inséré en série avec de telles connexions.

Lorsque des séparations ne sont pas encapsulées ni recouvertes par un revêtement en conformité avec l'Article 6.3 ou ne sont pas protégées par une enveloppe avec un degré de protection assigné d'au moins IP20 quand les dispositifs de raccordement sont accessibles, l'éclateur peut être inséré en parallèle sur de telles séparations.

7.7 Dispositifs piézoélectriques

Les dispositifs piézoélectriques doivent être soumis à essai conformément à 10.7.

7.8 Cellules électrochimiques pour la détection des gaz

Les cellules électrochimiques utilisées pour la détection des gaz doivent être considérées pour leur addition aux tensions et courants qui peuvent affecter l'évaluation et les essais d'inflammation à l'éclateur. Cependant, elles ne nécessitent pas d'être prises en compte pour leur ajout à la puissance pour l'évaluation d'inflammation par échauffement du matériel.

8 Composants infaillibles, assemblages infaillibles de composants et connexions infaillibles dont dépend la sécurité intrinsèque

8.1 Niveau de protection « ic »

Les exigences du 8.2 au 8.9 ne s'appliquent pas au Niveau de Protection «ic».

8.2 Transformateurs de réseau

8.2.1 Généralités

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 ou du courant de sortie ne doit pas être prise en considération.

8.2.2 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 exigences 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 8.2.3), 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 un autre dispositif thermique est utilisé pour la protection contre la surchauffe du transformateur, un dispositif unique doit être suffisant.

Les coupe-circuit à fusibles, les ensembles porteurs, les disjoncteurs et les dispositifs thermiques doivent se conformer à une norme appropriée et reconnue.

NOTE La présente Norme n'exige pas que la conformité des coupe-circuit à fusibles, des ensembles porteurs, des disjoncteurs et des dispositifs thermiques aux spécifications de leurs fabricants soit vérifiée.

8.2.3 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 soit

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

Les enroulements doivent être séparés conformément au Tableau 5.

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

- une isolation solide entre enroulements conformément au Tableau 5, soit
- un écran raccordé 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 – Épaisseur minimale de l'écran ou diamètre minimal du fil de l'écran en fonction du courant assigné du coupe-circuit à fusibles

Courant nominal du coupe-circuit	A	0,1	0,5	1	2	3	5
Épaisseur minimale de l'écran	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 doit être muni de deux connexions de raccordement 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 doit comprendre au moins deux couches de fils électriquement indépendantes, chacune d'elles munie d'une connexion de raccordement 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 exigence relative à l'isolation entre les couches est que cette isolation doit être capable de supporter un essai à 500 V conformément à 10.3.

Les noyaux de tous les transformateurs de réseau doivent être munis d'une connexion de raccordement à la terre, à moins que cette raccordée à la terre ne soit pas nécessaire pour le mode de protection, par exemple lorsque des transformateurs à noyau isolé sont utilisés. Pour les transformateurs utilisant des noyaux en ferrite, il n'y a pas d'exigence de raccordement à la terre du noyau, mais, à des fins de séparation, la ferrite doit être considérée comme conductrice, sauf si une information appropriée est disponible pour prouver que le matériau du noyau est isolant.

Les enroulements fournissant des circuits séparés de sécurité intrinsèque doivent être séparés les uns des autres et des autres enroulements conformément au Tableau 5.

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

NOTE L'utilisation d'une imprégnation pour consolider les enroulements peut ne pas respecter les exigences de séparation.

8.2.4 Essais de type des transformateurs

Le transformateur avec ses dispositifs associés, par exemple coupe-circuit 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.

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 5, 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 comme pouvant se mettre en court-circuit, sauf au travers de la résistance.

Les transformateurs doivent être essayés en accord avec le 10.10.

8.2.5 Essais individuels des transformateurs de réseau

Chaque transformateur de réseau doit être soumis à essai conformément à 11.2.

8.3 Transformateurs autres que les transformateurs de réseau

L'infaillibilité et les modes de défaillances de ces transformateurs doivent être conformes à 8.2

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 8.2, sauf qu'ils doivent être éprouvés sous la charge qui produit la dissipation de puissance maximale dans le transformateur sans produire un circuit ouvert des enroulements, afin d'assurer que l'isolation est assignée correctement. 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 de 8.2.4. Cependant, l'essai individuel conformément à 11.2 doit utiliser une tension réduite entre les enroulements d'entrée et de sortie de $2 U + 1\,000 \text{ V eff}$ ou $1\,500 \text{ V}$, la valeur la plus élevée étant retenue, U étant la tension assignée la plus haute de chaque enroulement en essai.

Si de tels transformateurs sont connectés aux deux extrémités de circuits de sécurité intrinsèque, alors une tension réduite de 500 V entre l'enroulement primaire et l'enroulement secondaire doit être appliquée pendant l'essai individuel, comme indiqué en 11.2.

Lorsque de tels transformateurs sont reliés à des circuits de sécurité non intrinsèque alimentés par le réseau, d'autres mesures de protection conformes à 8.2.2 ou un coupe-circuit à fusibles et une diode Zener doivent être mis en place dans la connexion d'alimentation conformément à 8.9 de manière qu'une puissance non définie n'annule pas l'infaillibilité des distances dans l'air et des lignes de fuite du transformateur. La tension d'entrée assignée de 8.2.4 doit être celle de la diode Zener.

Lorsque de tels transformateurs sont connectés à des circuits de sécurité intrinsèque et qu'il n'y a pas de coupe-circuit à fusibles, alors chaque enroulement doit être soumis au courant maximal qui peut circuler dans les conditions de défaut spécifiées à l'Article 5.

8.4 Enroulements infaillibles

8.4.1 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.

8.4.2 Inductance réalisée par des conducteurs isolés

Les inductances réalisées avec des conducteurs isolés ne doivent pas être considérées comme défaillantes pour une résistance de valeur inférieure ou une inductance de valeur supérieure à leurs valeurs nominales (en prenant en compte les tolérances), si elles sont conformes à ce qui suit:

- le diamètre nominal du conducteur des fils utilisés pour l'enroulement de l'inducteur doit être au moins égal à $0,05 \text{ mm}$,
- le conducteur doit être recouvert avec au moins deux couches d'isolant, ou une seule couche d'isolant solide d'épaisseur supérieure à $0,5 \text{ mm}$ entre les conducteurs adjacents, ou être fait avec un fil circulaire émaillé en conformité avec:

- a) le grade 1 de la CEI 60317-3, la CEI 60317-7, la CEI 60317-8, ou la CEI 60317-13.

Il ne doit pas y avoir de défaillance due aux valeurs limites minimales de tension de claquage énumérées pour le grade 2 et, lors de l'essai conformément à l'Article 14 de la CEI 60317-3, la CEI 60317-7, la CEI 60317-8 ou la CEI 60317-13, il ne doit pas y avoir plus de six défauts pour 30 m de fil quel que soit le diamètre, ou

- b) le grade 2 de la CEI 60317-3, la CEI 60317-7, la CEI 60317-8, ou la CEI 60317-13.

Le fabricant doit apporter la preuve de la conformité aux exigences ci-dessus.

NOTE La présente Norme n'exige pas que la conformité de l'isolation pour le grade 1 ou le grade 2 aux spécifications de son fabricant soit vérifiée.

- les enroulements, après avoir été formés ou enrubannés, doivent être séchés pour en retirer l'humidité avant imprégnation avec une matière d'imprégnation appropriée, par trempage, par ruissellement ou par imprégnation sous vide. Le revêtement par peinture ou projection n'est pas considéré comme une imprégnation;
- l'imprégnation doit être effectuée conformément aux instructions particulières du fabricant du produit d'imprégnation utilisé et de façon à assurer aussi complètement que possible le remplissage des espaces entre conducteurs et obtenir une bonne cohésion entre les conducteurs;
- si les produits d'imprégnation utilisés contiennent des solvants, les processus d'imprégnation et de séchage doivent être effectués au moins deux fois.

8.5 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 6.3.9 ou encapsulées conformément à 6.6.

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 assignée conformément aux exigences 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 apparaître en fonctionnement normal ou dans des conditions de défaut définies dans l'Article 5. Les défauts entre les spires de fils des résistances bobinées correctement assignées ayant des enroulements revêtus ne doivent pas être pris en compte. Le revêtement de l'enroulement doit être supposé avoir la valeur d'IRC appropriée conformément au Tableau 5 pour les tensions assignées indiquées par le fabricant.

La résistance à froid (à la température ambiante minimale) des coupe-circuit à fusibles et des filaments des ampoules peut être considérée comme étant une résistance de limitation de courant infaillible si ces composants sont utilisés dans leurs conditions normales de fonctionnement. Le filament d'ampoule est admissible uniquement pour évaluer un composant de limitation de courant pour les lampes portables et les lampes-chapeaux. En l'absence de données, cela peut être pris comme la résistance minimale à la température ambiante minimale spécifiée, mesurée sur échantillons comme requis en 10.4.

NOTE L'ampoule nécessite d'être protégée par un mode de protection autre que la sécurité intrinsèque.

8.6 Condensateurs

8.6.1 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 comme la valeur la plus défavorable de l'un ou l'autre condensateur et un coefficient 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 chaque condensateur de l'ensemble doivent être conformes à 6.3 mais ces exigences de séparation ne doivent pas être appliquées à l'intérieur des condensateurs de blocage.

L'isolation de chaque condensateur doit être conforme aux exigences de tenue diélectrique de 6.3.13 appliquées entre les électrodes et aussi entre chaque électrode et les parties conductrices externes. Quand des condensateurs de blocage sont utilisés entre des circuits de sécurité intrinsèque et des circuits de sécurité non intrinsèque, les condensateurs de blocage doivent être évalués comme une capacité de couplage entre ces circuits. L'énergie transmise est calculée en utilisant U_m et la valeur la plus défavorable de chaque condensateur et elle doit être conforme à l'énergie d'inflammation admissible de 10.7. Tous les transitoires possibles doivent être pris en compte et les effets de la fréquence de fonctionnement nominal la plus élevée (telle que donnée par le fabricant) dans cette partie de circuit doivent être considérés.

Lorsqu'un tel ensemble est également conforme à 8.9, il doit être considéré comme réalisant une isolation galvanique infaillible pour le courant continu.

8.6.2 Condensateurs de filtrage

Les condensateurs connectés entre le châssis du matériel et un circuit de sécurité intrinsèque doivent être conformes à 6.3.13. Lorsque leur défaillance court-circuite un composant dont dépend la sécurité intrinsèque du circuit, ils doivent aussi maintenir une séparation infaillible ou se conformer aux exigences applicables aux condensateurs de blocage en 8.6.1. Un condensateur satisfaisant aux exigences de séparation infaillible de 6.3, tant intérieurement qu'extérieurement, doit être considéré comme réalisant une séparation infaillible et un seul est requis.

NOTE L'utilisation normale des condensateurs connectés entre le châssis et le circuit est le filtrage des hautes fréquences, par exemple les condensateurs de fuite.

8.7 Montages en shunt de sécurité

8.7.1 Généralités

Un assemblage de composants doit être considéré comme un 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. Dans le Niveau de Protection «ia» des montages en shunt de sécurité, seule la défaillance d'une diode doit être prise en compte pour l'application de l'Article 5. 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.

NOTE 1 Pour éviter l'inflammation par étincelle lorsqu'une connexion se rompt, un encapsulage en conformité avec 6.3.5 peut être exigé.

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 éprouvée selon 10.8, 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 9.1.2.

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

- a) le montage en shunt de sécurité ne doit pas être considéré pouvoir se mettre en défaut de 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) les circuits utilisant des thyristors en dérivation doivent être soumis à essai conformément à 10.1.5.3.

8.7.2 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 circuit 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 exigée lorsqu'ils sont connectés à des sources de puissance définies seulement par U_m conformément à 8.7.1 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.

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

8.7.3 Limiteur shunt de tension

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

Les limiteurs shunts de tension doivent être soumis à l'analyse des transitoires exigée lorsqu'ils sont connectés à des sources de puissance définies seulement par U_m in conformément à 8.7.1, sauf lorsque le montage est alimenté à partir d'un des circuits suivants:

- a) un transformateur infaillible conforme à 8.2;
- b) une barrière de sécurité à diodes conforme à l'Article 9;
- c) un accumulateur conforme à 7.4;
- d) un montage en shunt de sécurité infaillible conforme à 8.7.

8.8 Câblage, pistes de circuits imprimés et connexions

Le câblage, les pistes de circuits imprimés y compris leurs connexions qui constituent une partie du matériel doivent être considérés comme infaillibles 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 a une 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 une largeur égale à 1 % de sa longueur, selon la plus grande des deux valeurs.

Dans les deux cas ci-dessus, la piste de circuit imprimé doit être conforme en tout point à ce qui suit:

- chaque piste est formée d'un revêtement de cuivre ayant une épaisseur nominale d'au moins 33 μm ; ou
- la capacité de transport de courant d'une piste seule ou d'un ensemble de pistes est éprouvée avec le 10.12;

- 3) lorsque des pistes appartenant à des couches différentes sont connectées par soit un via unique de circonférence d'au moins 2 mm, soit deux vias parallèles de circonférence d'au moins 1 mm, et ces vias sont raccordés l'un à l'autre conformément à 8.8b) 1) ou 8.8b) 2).

Les vias doivent être conformes à l'un des points suivants:

- avoir un revêtement métallique d'épaisseur de 33 μm au moins; ou
- la capacité de transport de courant d'un via seul est éprouvée en accord avec le 10.12

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 soudé ou a une connexion emboutie ou est brasé ou soudé; ou
- 3) lorsqu'il y a un joint de soudure d'un composant monté en surface monté en accord avec les recommandations du fabricant; ou
- 4) lorsqu'il y a une seule connexion qui est vissée ou verrouillée et conforme à la CEI 60079-7; ou
- 5) lorsqu'il y a un connecteur interne dans l'enveloppe et la connexion comporte au moins trois éléments de connexion indépendants pour le niveau «ia» et au moins deux pour «ib», ces éléments étant connectés en parallèle (voir Figure 5). Lorsque le connecteur peut être séparé en biais, une liaison doit être présente à chaque extrémité ou près de chaque extrémité du connecteur.

NOTE Lorsque le connecteur est complètement déconnecté, il convient que les circuits restent de sécurité intrinsèque.

8.9 Composants présentant une isolation galvanique

8.9.1 Généralités

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

8.9.2 Composant d'isolation entre des circuits de sécurité intrinsèque et des circuits de sécurité non intrinsèque

Les composants d'isolation doivent être conformes à ce qui suit.

- a) Les exigences du Tableau 5, sauf les colonnes 5, 6 et 7 en ce qui concerne l'intérieur des dispositifs scellés, par exemple les optocoupleurs, doivent s'appliquer au composant d'isolation. Si le Tableau F.1 est applicable, la colonne 2 ne l'est pas.

- b) Les connexions d'un circuit de sécurité non intrinsèque doivent être fournies avec des protections qui assurent que les caractéristiques assignées des dispositifs conformément à 7.1 ne sont pas dépassées. Par exemple, l'introduction d'une diode Zener de shunt unique protégée par un coupe-circuit à fusible correctement assigné conformément à 7.3, ou un dispositif thermique, doit être considérée comme une protection suffisante. Pour cette disposition, le Tableau 5 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 $1,7 I_n$ fois la tension maximale de la diode Zener. Les normes générales de l'industrie pour la construction des coupe-circuit à fusible et de leurs supports doivent être appliquées et leurs méthodes de montage incluant le câblage de connexion ne doivent pas réduire les distances dans l'air, les lignes de fuite et les séparations apportées par le coupe-circuit et son support. Dans certaines applications, les connexions des circuits de sécurité intrinsèque peuvent nécessiter l'application de techniques similaires de protection pour éviter le dépassement de l'assignation des composants d'isolation. Autrement, les isolateurs optiques doivent satisfaire aux exigences d'essai de 10.11.

NOTE 1 L'essai en 10.11 est seulement destiné à s'appliquer aux dispositifs couplés en un monobloc.

- c) Les composants doivent être conformes aux exigences de tenue diélectrique conformément à 6.3.13 entre les bornes des circuits de sécurité non intrinsèque et celles des circuits de sécurité intrinsèque. La tension d'essai d'isolation donnée par le fabricant pour la séparation infaillible du composant ne doit pas être inférieure à la tension d'essai exigée par 6.3.13.

Les relais de séparation galvanique doivent être conformes à 6.3.14 et tout enroulement doit être capable de dissiper la puissance maximale à laquelle il est connecté.

NOTE 2 Le déclassement des paramètres électriques de l'enroulement du relais selon 7.1 n'est pas imposée.

8.9.3 Composants d'isolation entre circuits de sécurité intrinsèque

Les composants d'isolation doivent être considérés comme fournissant une séparation infaillible entre des circuits séparés de sécurité intrinsèque si les conditions suivantes sont satisfaites:

- a) l'assignation du dispositif doit être conforme à 7.1 (l'exception donnée dans cet article restant applicable) sauf s'il peut être montré que les circuits connectés à ces broches ne peuvent pas invalider la séparation infaillible des dispositifs. Des techniques de protection (telles que celles indiquées en 8.9.2) peuvent être nécessaires pour éviter de dépasser l'assignation du composant d'isolation;
- b) le dispositif doit être conforme aux exigences de tenue diélectrique conformément à 6.3.13. La tension d'essai d'isolation donnée par le fabricant pour la séparation infaillible du composant en essai ne doit pas être inférieure à la tension d'essai exigée par 6.3.13.

9 Exigences supplémentaires pour matériels spécifiques

9.1 Barrières de sécurité à diodes

9.1.1 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 de sécurité non intrinsèque et doivent être soumis aux essais individuels de série de 11.1.

L'aptitude de la barrière de sécurité à supporter les défauts transitoires doit être éprouvée conformément à 10.8.

Les barrières de sécurité comprenant seulement deux diodes ou deux séries de diodes mises bout à bout et utilisées en Niveau de Protection «ia» doivent être acceptables comme

ensembles infaillibles conformément à 8.7, à condition que les diodes aient été soumises aux essais individuels spécifiés en 11.1.2. Dans ce cas, la défaillance d'une seule diode doit être prise en compte dans l'application de l'Article 5.

Dans les barrières de sécurité de Niveau de Protection «ic», l'exigence minimale est une seule diode et une résistance de limitation de courant si elles fonctionnent dans les exigences du 7.1.

9.1.2 Construction

9.1.2.1 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.

9.1.2.2 Dispositifs 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.

9.1.2.3 Protection des composants

L'assemblage doit être protégé contre toute intervention soit par encapsulage conformément à 6.6, 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.

9.2 Matériel FISCO

Matériel qui a été construit conformément à l'Annexe G et est destiné à être utilisé dans un système FISCO doit en plus être marqué comme «FISCO» suivi d'une indication de sa fonction, à savoir alimentation électrique, dispositif de terrain ou dispositif de terminaison. (Voir Article 12).

9.3 Lampes à main et lampes-chapeaux

Les lampes-chapeaux pour le Groupe I doivent être conformes à la CEI 60079-35-1.

Les lampes à main et les lampes-chapeaux pour les Groupes II et III doivent satisfaire aux exigences de la présente Norme.

10 Vérification 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 soumis à essai 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. Des coefficients de sécurité doivent être pris en compte comme décrit dans l'Annexe A. L'éclateur doit être inséré, dans le circuit soumis à essai, en tout point où l'on estime qu'une interruption, un court-circuit ou un défaut de terre peut se produire. 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 dans 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 soumis à l'essai à l'éclateur. La sensibilité de l'éclateur varie, et les courbes et tableaux sont issus d'un grand nombre d'essais.

10.1.2 Éclateur d'essai

L'éclateur lui-même doit être celui décrit dans l'Annexe B sauf lorsque l'Annexe B indique qu'il peut ne pas convenir. 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 définitif d'essai et d'évaluation.

Pour les Niveaux de Protection «ia» et «ib», 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 dispositifs de raccordement,
- aux connexions internes ou aux bornes de lignes de fuites internes, distances dans l'air, distances au travers d'un compound de moulage ou d'une isolation solide, non conformes à 6.1.2.2 ou 6.1.2.3.

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 du compound de moulage et distances au travers d'une isolation solide conformes au Tableau 5 ou à l'Annexe F,
- 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 6.2.1, à part les exceptions décrites en 7.6i).

Pour le Niveau de Protection «ic», l'essai d'inflammation à l'éclateur doit être considéré pour les situations suivantes:

- aux dispositifs de raccordement,
- à travers les séparations de valeur inférieure à celles spécifiées au Tableau 5 ou dans l'Annexe F;
- à la place des contacts normalement à étincelle, telles que les fiches, les prises, les commutateurs, les boutons poussoirs, les potentiomètres;
- à la place des composants qui ne sont pas correctement assignés dans des conditions normales de fonctionnement.

10.1.3 Mélanges de gaz d'essai et courant d'étalonnage de l'éclateur

10.1.3.1 Mélange d'essai explosif approprié aux essais avec un coefficient de sécurité de 1,0 et courant d'étalonnage de l'éclateur

Les mélanges d'essais explosifs donnés dans le Tableau 7 doivent être utilisés selon le groupe spécifié pour le matériel en essai. Les mélanges explosifs spécifiés dans ce paragraphe ne comportent pas de coefficient de sécurité. Si un coefficient de sécurité de 1,5 est exigé, les valeurs électriques du circuit doivent être augmentées conformément à 10.1.4.2a).

La sensibilité de l'éclateur doit être vérifiée avant chaque série d'essais conformément à 10.1.5. A cette fin, l'éclateur doit fonctionner dans un circuit sous 24 V cc comportant une bobine à entrefer air de 95 (± 5) mH. Le courant dans ce circuit doit être établi à la valeur donnée dans le Tableau 7 pour le groupe approprié. La sensibilité doit être considérée comme satisfaisante si une inflammation du mélange explosif d'essai apparaît dans les 440 tours du support de fil, avec le support de fil polarisé positivement.

Tableau 7 – Compositions des mélanges explosifs d'essai pour un coefficient de sécurité de 1,0

Groupe	Compositions des mélanges explosifs d'essai	Courant dans le circuit d'étalonnage mA
	% Vol dans l'air	
I	(8,3 $\pm$ 0,3) % de méthane	110 à 111
IIA	(5,25 $\pm$ 0,25) % de propane	100 à 101
IIB	(7,8 $\pm$ 0,5) % d'éthylène	65 à 66
IIC	(21 $\pm$ 2) % d'hydrogène	30 à 30,5

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

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 manifestera au cours des étalonnages de routine de l'éclateur.

10.1.3.2 Mélange d'essai explosif approprié aux essais avec un coefficient de sécurité de 1,5 et courant d'étalonnage de l'éclateur

Les mélanges d'essai préférés sont ceux spécifiés en 10.1.3.1 avec un coefficient de sécurité appliqué par un accroissement de la tension ou du courant, comme applicable. Lorsque cela n'est pas réalisable et un mélange d'essai plus sévère est utilisé pour atteindre un coefficient de sécurité, un coefficient de sécurité de 1,5 est considéré comme ayant été appliqué pour l'objet de la présente Norme quand la composition doit être donnée celle donnée au Tableau 8.

Tableau 8 – Compositions des mélanges explosifs d'essai pour un coefficient de sécurité de 1,5

Groupe	Compositions des mélanges explosifs d'essai Volume %					Volume % Courant dans le circuit d'étalonnage mA
	Mélange oxygène-hydrogène-air			Mélange oxygène-hydrogène		
	Hydrogène	Air	Oxygène	Hydrogène	Oxygène	
I	52 ± 0,5	48 ± 0,5	–	85 ± 0,5	15 ± 0,5	73 à 74
IIA	48 ± 0,5	52 ± 0,5	–	81 ± 0,5	19 ± 0,5	66 à 67
IIB	38 ± 0,5	62 ± 0,5	–	75 ± 0,5	25 ± 0,5	43 à 44
IIC	30 ± 0,5	53 ± 0,5	17 ± 0,5	60 ± 0,5	40 ± 0,5	20 à 21

10.1.4 Essai à l'éclateur

10.1.4.1 Circuit d'essai

On doit choisir, 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 entre 0 % et 110 % de la tension d'alimentation du secteur.

L'éclateur doit être inséré, dans le circuit soumis à essai, 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 au mode de protection du matériel défini 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 soumis à essai pour le nombre de tours indiqué ci-après, avec une tolérance de $^{+10}_0$ % du support de fils de l'éclateur:

- a) pour les circuits à courant continu, 400 tours (5 min), soit 200 tours pour chaque polarité;
- b) pour les circuits alternatifs, 1 000 tours (12,5 min);
- c) 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 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 10.1.3, l'essai à l'éclateur du circuit en évaluation doit être considéré comme nul.

NOTE Des fils de tungstène courbés et éraillés de l'éclateur peuvent modifier cette sensibilité. Cela peut conduire à des résultats d'essai non valables.

10.1.4.2 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 soumis à essai 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.

Quand le coefficient de sécurité de 1,5 est exigé, il 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 accumulateurs, 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. Autrement, lorsqu'une résistance de limitation de courant infaillible est utilisée avec un condensateur, le condensateur est considéré comme un accumulateur 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) utiliser le mélange explosif d'essai le plus facilement enflammé, conformément au Tableau 8.

Quand un coefficient de sécurité de 1,0 est exigé, le mélange d'essai du Tableau 7 doit être utilisé.

10.1.5 Remarques sur les essais

10.1.5.1 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.

Les alimentations non linéaires nécessitent des considérations spéciales. Voir l'Annexe H pour information sur les méthodes alternatives pour les essais d'allumage de semi-conducteur limitant l'alimentation de puissance des circuits.

10.1.5.2 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. Lorsque l'inductance ou la capacité totale évaluée par rapport aux exigences de l'Article 5 est inférieure à 1 % de la valeur admissible quand on utilise les courbes d'inflammation ou les tableaux donnés en Annexe A, alors la capacité ou l'inductance maximale admissible peut être établie comme étant celle admissible par les courbes et tableaux.

La conformité du circuit doit être évaluée avec l'une des méthodes suivantes:

- a) essai avec l'ensemble de la capacité et de l'inductance, ou
- b) lorsque des circuits linéaires (limitation en courant résistive) sont considérés
 - 1) Les valeurs de L_o et de C_o déterminées par les courbes d'inflammation et le tableau donnés en Annexe A sont autorisées pour:
 - une inductance et une capacité distribuées, par exemple comme dans un câble ou,
 - si la valeur L_i totale du circuit externe (câble exclu) est $< 1 \%$ de la valeur L_o ou,
 - si la valeur C_i totale du circuit externe (câble exclu) est $< 1 \%$ de la valeur C_o .
 - 3) Les valeurs de L_i et de C_o déterminées par les courbes d'inflammation et le tableau donnés en Annexe A doivent être réduites de 50 % si toutes les deux conditions suivantes sont satisfaites;
 - la valeur L_i totale du circuit externe (câble exclu) est $\geq 1 \%$ de la valeur L_o et,
 - la valeur C_i totale du circuit externe (câble exclu) est $\geq 1 \%$ de la valeur C_o .

La capacité réduite du circuit externe (y compris le câble) ne doit pas être supérieure à 1 μ F pour IIB et à 600 nF pour IIC.

Les valeurs de L_o et de C_o déterminées par cette méthode ne doivent pas dépasser respectivement la somme de toutes les valeurs de L_i plus les inductances de câble dans le circuit et la somme de toutes les valeurs C_i plus les capacités de câble.

10.1.5.3 Circuits utilisant la protection par shunt de court-circuit (éclateur à décharge)

Une fois la tension de sortie stabilisée, le circuit doit être incapable de provoquer l'inflammation pour le mode de protection approprié du matériel dans les conditions de l'Article 5. De plus, quand le mode de protection est lié au fonctionnement de l'éclateur à décharge provoqué par d'autres défauts du circuit, l'énergie coupée limitée de l'éclateur à décharge pendant le fonctionnement ne doit pas excéder la valeur suivante pour le groupe de matériel:

– Matériel du Groupe IIC	20 µJ
– Matériel de Groupe IIB et de Groupe III	80 µJ
– Matériel de Groupe IIA	160 µJ
– Matériel de Groupe I	260 µJ

Les essais d'inflammation à 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.

NOTE Une méthode pour effectuer cet essai est donnée dans l'Annexe E.

10.1.5.4 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.

10.2 Essais de 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 soient non linéaires, comme c'est le cas pour les accumulateurs.

La température doit être mesurée par tout moyen convenable. L'élément de mesure ne doit pas provoquer un abaissement substantiel 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 (des) courant 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 ambiante, 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.

10.3 Essais de tenue diélectrique

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 exigée.

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 pendant l'essai. Le courant circulant pendant l'essai ne doit excéder 5 mA eff à aucun moment.

10.4 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 soumis à essai 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.

10.5 Essais des piles et accumulateurs

10.5.1 Généralités

Les piles ou accumulateurs rechargeables doivent être complètement chargés et ensuite être déchargés au moins deux fois avant d'effectuer tout essai. A 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 exigé 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 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.

10.5.2 Essai de fuite d'électrolyte des piles ou accumulateurs

Dix échantillons d'épreuve doivent être soumis au plus sévère des cas suivants:

- court-circuit jusqu'à la décharge (pas applicable pour le Niveau de Protection «ic»);
- application des courants d'entrée ou de charge selon les recommandations du fabricant;
- charge d'un accumulateur 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 de 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.

L'échantillon d'essai doit être placé avec toute discontinuité d'enveloppe, par exemple scellement, face vers le bas dans une orientation spécifiée par le fabricant du dispositif, sur un morceau de papier buvard pour une durée minimale de 12 h après la réalisation de l'essai ci-dessus. Il ne doit y avoir aucune trace visible d'électrolyte sur le buvard ni sur les surfaces externes des échantillons d'essai. Lorsque l'encapsulage a été appliqué de manière à obtenir la conformité à 7.4.2, l'examen de l'élément à la fin de l'essai ne doit pas montrer de dommage qui pourrait annuler la conformité à 7.4.2.

10.5.3 Inflammation par étincelle et température de surface des piles et accumulateurs

Lorsqu'un accumulateur comprend un nombre d'éléments distincts ou d'accumulateurs plus petits associés en une construction bien définie respectant la séparation et les autres exigences 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 d'accumulateur, 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 doit considérer que l'accumulateur a un défaut de court-circuit entre ses bornes de sortie externes.

Les piles et accumulateurs doivent être soumis à essai 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 le circuit entre ce dispositif et la pile ou l'accumulateur est encapsulé conformément à 6.6. L'essai ou l'évaluation doit alors inclure le dispositif de limitation de courant.

Quand le matériel contient des piles qui ne doivent pas être changées en atmosphère explosive, la décharge d'inflammation par étincelle sur les bornes d'une pile unique ne nécessite pas d'être éprouvée, pourvu que la pile unique délivre une tension de crête de circuit ouvert inférieure à 4,5 V,

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 spécifiée. Autrement, 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 7.4.4 pour déterminer la résistance interne

NOTE 1 Certains types de piles, par exemple nickel cadmium, peuvent présenter un courant de court-circuit maximal à des températures inférieures à la température ambiante normale.

- b) Les piles doivent être soumises à essai à n'importe quelle température comprise entre la température ambiante du laboratoire et la température ambiante maximale spécifiée qui fournit les conditions les plus sévères. Les valeurs ainsi obtenues doivent être utilisées directement dans l'évaluation de la classe de température. Les piles doivent être agencées d'une manière permettant de simuler les effets thermiques de leur position prévue dans le matériel complet. La température doit être déterminée sur la surface la plus chaude de la pile qui peut être exposée à l'atmosphère explosive et la valeur la plus élevée doit être prise. Si une gaine extérieure est utilisée, la température doit être mesurée à l'interface de la gaine et de la surface métallique de la pile ou de l'accumulateur

La température maximale de surface doit être déterminée comme suit:

Pour «ia» et «ib», tous les dispositifs de limitation de courant extérieurs à la pile ou à l'accumulateur doivent être court-circuités pour l'essai. 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. Si les dispositifs externes de limitation de courant assurent une protection contre les courts-circuits internes, ces dispositifs peuvent ne pas être retirés. Par contre, ces dispositifs doivent seulement être considérés pour le Niveau de Protection «ib».

NOTE 2 S'il se produit une fuite d'électrolyte au cours de cet essai, il convient de prendre en compte les exigences de 7.4.3.

NOTE 3 Lors de la détermination de la température de surface maximale d'un accumulateur comprenant plus d'un élément dans une connexion en série, et si les éléments sont correctement séparés les uns des autres, il faut qu'un seul élément à la fois soit court-circuité pour déterminer cette température de surface maximale. (Cela est basé sur la probabilité infime que plus d'un élément puisse être court-circuité simultanément.)

- c) Pour «ic», la température de surface maximale doit être déterminée par des essais dans des conditions normales de fonctionnement avec tous les dispositifs de protection en place.

10.5.4 Essai de pression du conteneur d'accumulateur

Un échantillon de cinq conteneurs d'accumulateur doit être soumis à l'essai de pression pour déterminer l'évacuation de pression. La pression doit être appliquée à l'intérieur du conteneur. La pression est augmentée graduellement jusqu'à ce que l'évacuation commence. La pression maximale déclenchant l'évacuation doit être enregistrée et ne doit pas excéder 30 kPa.

La pression maximale d'évacuation enregistrée doit être appliquée à un exemplaire de conteneur d'accumulateur pour une durée de 60 s. Après l'essai, l'exemplaire doit être soumis à une inspection visuelle. Aucun dommage ou déformation permanente ne doit être visible.

Si le conteneur de l'accumulateur comporte des distances de séparation basées sur le Tableau 5, il n'est pas nécessaire d'effectuer l'essai de pression sur un échantillon qui a subi l'essai d'endurance thermique de la CEI 60079-0. Si le conteneur de l'accumulateur comporte une distance de séparation sur une carte de circuit imprimé basée sur l'Annexe F, l'essai de pression doit être effectué sur un échantillon qui a subi l'essai d'endurance thermique de la CEI 60079-0 et, de plus, si le matériel est portable, l'essai de chute de la CEI 60079-0.

10.6 Essais mécaniques

10.6.1 Compound de moulage

Une force de 30 N doit être appliquée perpendiculairement à la surface exposée du compound de moulage pendant 10 s à partir de l'extrémité plate d'une tige ronde de 6 mm de diamètre. Il ne doit se produire aucun dommage ni aucune déformation permanente de l'encapsulage ni déplacement supérieur à 1 mm.

Lorsqu'une surface libre du compound de moulage se présente et fait partie intégrante de l'enveloppe, afin de s'assurer que le compound est rigide mais non friable, les essais de choc doivent être effectués sur la surface du compound de moulage conformément à la CEI 60079-0: en utilisant la hauteur de chute h indiquée dans la colonne a) du Tableau *Essais de tenue aux chocs* de la CEI 60079-0.

10.6.2 Détermination de l'acceptabilité de fusibles exigeant encapsulation

Quand des coupe-circuit à fusibles nécessitent d'être encapsulés et que l'encapsulage peut pénétrer à l'intérieur du coupe-circuit à fusibles et affecter la sécurité, l'essai suivant doit être réalisé sur cinq échantillons de chaque coupe-circuit à fusibles avant réalisation de l'encapsulage.

Quand les échantillons d'essai ont une température initiale de 25 ± 2 °C, ils doivent être plongés rapidement dans de l'eau à une température de (50 ± 2) °C et à une profondeur d'au moins 25 mm et au moins pendant 1 min. Les dispositifs sont considérés comme étant satisfaisants si aucune bulle n'émerge des échantillons pendant l'essai.

Autrement, il peut être appliqué un essai dans lequel cinq échantillons de coupe-circuit à fusibles sont examinés après encapsulage afin de s'assurer que le compound n'a pas pénétré à l'intérieur.

10.6.3 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.

10.7 Essais des matériels de sécurité intrinsèque comportant des dispositifs piézoélectriques

La capacité du dispositif doit être mesurée, et aussi la tension qui apparaît lorsqu'une partie de la sécurité intrinsèque matériel accessible en service est soumise à l'essai de choc conformément à la colonne «élevé» du Tableau «Essais de tenue aux chocs» de la CEI 60079-0 effectué à $(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$, en utilisant l'appareillage d'essai de la CEI 60079-0. 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 de sécurité intrinsèque 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 de sécurité intrinsèque étant monté 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 μJ
– pour le matériel du Groupe IIA	950 μJ
– pour le matériel du Groupe IIB	250 μJ
– pour le matériel du Groupe IIC	50 μJ

Lorsque la sortie électrique du dispositif piézoélectrique est limitée par des composants de protection, 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 de sécurité intrinsèque contre des chocs physiques externes afin d'empêcher que l'énergie de choc dépasse les valeurs spécifiées, les détails des exigences doivent être spécifiés comme conditions spéciales pour une utilisation sûre et le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de la CEI 60079-0 et les Conditions spécifiques d'utilisation énumérées sur le certificat doivent donner dans le détail les exigences d'installation.

10.8 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 peut 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 la température ambiante minimale) 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 d'utilisation (pour les diodes Zener, la direction Zener) à cinq impulsions rectangulaires, chacune d'une durée de 50 μ s, répétées à 20 ms d'intervalle, avec une amplitude d'impulsion égale à la valeur crête de U_m divisée par la valeur de résistance froide du coupe-circuit à fusible à température ambiante minimale (plus toute résistance série infaillible 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-circuit 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.

La tension de la diode doit être mesurée pour le même courant avant et après cet essai. Le courant d'essai doit être celui spécifié par le fabricant du composant. 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 doit être 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 doit être 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.

10.9 Essai de traction du câble

L'essai doit être effectué 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 admissible, 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.

10.10 Essais des transformateurs

L'isolation électrique de sécurité satisfait aux exigences si le transformateur supporte l'essai individuel de série, l'essai de type décrit ci-dessous et ensuite supporte une tension d'essai (voir 10.3) de $2 U + 1\,000$ V ou de 1 500 V, la plus grande des deux valeurs étant retenue, entre un nombre quelconque des enroulements utilisés pour l'alimentation des circuits de sécurité intrinsèque et tous les autres enroulements, U étant la tension assignée la plus élevée de tout enroulement en essai.

La tension d'entrée est établie à la valeur de tension assignée au transformateur. Le courant d'entrée doit être établi jusqu'à $1,7 I_n$ du coupe-circuit à fusible ou au courant continu maximal que le coupe-circuit transportera sans fonctionner par accroissement de la charge des enroulements secondaires. Quand l'accroissement de la charge est limité par l'atteinte d'un court-circuit de tous les enroulements secondaires, l'essai doit fonctionner en utilisant la tension d'entrée assignée et le courant d'entrée maximal atteint dans ces conditions.

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 admissible par la classe de température définie dans la CEI 60085. La température des enroulements doit être mesurée conformément à 10.2.

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

10.11 Essais des isolateurs optiques

10.11.1 Généralités

Les essais suivants doivent être effectués si des isolateurs optiques sont utilisés pour assurer l'isolation entre circuits de sécurité intrinsèque et circuits de sécurité non intrinsèque et ne sont pas correctement protégés contre la surcharge par les composants de protection externes (voir 8.9.2).

Les échantillons doivent satisfaire à la fois aux essais spécifiés en 10.11.2 et en 10.11.3.

10.11.2 Essai de carbonisation, de tenue diélectrique et de conditionnement thermique

La température maximale mesurée du côté récepteur et du côté émetteur doit être déterminée en surchargeant les dispositifs. Ceux-ci doivent ensuite être soumis aux essais de conditionnement thermique et de tenue diélectrique. Un essai de carbonisation doit ensuite être conduit pour vérifier la formation de chemins de fuite internes.

10.11.2.1 Essai de surcharge du côté récepteur

Cet essai doit être conduit sur cinq échantillons.

Le côté émetteur de l'isolateur optique doit être mis en fonctionnement avec les valeurs de charge assignées ($I_f = I_N$).

Le côté récepteur doit être mis en fonctionnement avec une puissance spécifique (entre collecteur et émetteur), qui ne doit pas endommager les composants. Cette valeur doit être déterminée soit par des essais préliminaires, soit à partir de fiches techniques.

Une fois l'équilibre thermique atteint, la puissance doit être augmentée. Après que l'équilibre thermique a de nouveau été atteint, la puissance doit encore être augmentée par échelons, jusqu'à l'équilibre thermique, et ainsi de suite jusqu'à ce que le semi-conducteur du récepteur soit endommagé. Cela mettra fin à la dissipation de puissance ou la réduira de façon drastique.

La température de surface maximale du côté récepteur juste avant l'endommagement du récepteur doit être enregistrée pour chaque échantillon conjointement à la température ambiante.

10.11.2.2 Essai de surcharge du côté émetteur

Cet essai doit être conduit sur cinq échantillons.

Le côté récepteur de l'isolateur optique est mis en fonctionnement aux valeurs assignées de la tension et du courant (V_{C-E} , I_C).

Le côté émetteur doit être mis en fonctionnement avec une puissance spécifique, qui ne doit pas endommager les composants. Cette valeur doit être déterminée soit par des essais préliminaires, soit à partir de fiches techniques.

Une fois l'équilibre thermique atteint, la puissance doit être augmentée. Après que l'équilibre thermique a de nouveau été atteint, la puissance doit encore être augmentée par échelons, jusqu'à l'équilibre thermique, et ainsi de suite jusqu'à ce que le semi-conducteur de l'émetteur

soit endommagé. Cela mettra fin à la dissipation de puissance ou la réduira de façon drastique.

La température de surface maximale du côté émetteur juste avant l'endommagement du récepteur doit être enregistrée pour chaque échantillon conjointement à la température ambiante.

10.11.2.3 Essai de conditionnement thermique et de tenue diélectrique

Tous les 10 échantillons utilisés en 10.11.2.1 et 10.11.2.2 doivent être placés dans une étuve pendant $6 \begin{smallmatrix} -0 \\ +0.2 \end{smallmatrix}$ h à la température de surface maximale enregistrée à partir de 10.11.2.1 ou de 10.11.2.2 augmentée d'au moins 10 K mais de 15 K tout au plus.

Après que les isolateurs optiques ont refroidi à (25 ± 2) °C, ils doivent être soumis à l'essai de tenue diélectrique avec une tension de 1,5 kV (c.a. 48 Hz à 62 Hz) appliquée entre les bornes de circuits de sécurité intrinsèque et celle de circuits de sécurité non intrinsèque et augmentée à $3 \begin{smallmatrix} 0 \\ +5\% \end{smallmatrix}$ kV en 10 s maximum. Cette tension doit être appliquée pendant (65 ± 5) s.

Au cours de cet essai, il ne doit pas se produire de rupture de l'isolation entre le récepteur et l'émetteur. De plus, le courant de fuite ne doit pas dépasser 5 mA.

10.11.2.4 Essai de carbonisation

10.11.2.4.1 Côté récepteur

En utilisant cinq échantillons de 10.11.2.1, une tension continue de $375 \begin{smallmatrix} -0 \\ +10\% \end{smallmatrix}$ V doit être appliquée pendant $30 \begin{smallmatrix} -0 \\ +1 \end{smallmatrix}$ min à travers les bornes (par exemple du collecteur et de l'émetteur) du semi-conducteur défaillant du récepteur, afin d'éprouver la formation d'un chemin de fuite interne provoquée par le matériau plastique échauffé (carbonisation).

Au cours des cinq dernières min de cet essai, le courant ne doit pas dépasser 5 mA.

10.11.2.4.2 Côté émetteur

En utilisant cinq échantillons de 10.11.2.2, une tension continue de $375 \begin{smallmatrix} -0 \\ +10\% \end{smallmatrix}$ V doit être appliquée pendant $30 \begin{smallmatrix} -0 \\ +1 \end{smallmatrix}$ min à travers les bornes de l'émetteur défaillant (par exemple la diode), afin d'éprouver la formation d'un chemin de fuite interne provoquée par le matériau plastique échauffé (carbonisation).

Au cours des cinq dernières minutes de cet essai, le courant ne doit pas dépasser 5 mA.

10.11.3 Essai de tenue diélectrique et de court-circuit

10.11.3.1 Généralités

Les isolateurs optiques doivent être soumis à un essai de tenue diélectrique, suivi d'un essai de courant de court-circuit et, si applicable, à l'essai de courant de court-circuit à courant limité décrit ci-dessous, suivi d'un essai de tenue diélectrique.

10.11.3.2 Pré-essai de tenue diélectrique

Trois nouveaux échantillons doivent être utilisés pour cet essai, avec trois échantillons supplémentaires si 10.11.3.4 s'applique.

Avant les essais de courant de court-circuit, les échantillons de l'isolateur optique doivent pouvoir supporter sans rupture un essai de tenue diélectrique de 4 kV eff appliqué entre le côté sécurité intrinsèque et le côté de sécurité non intrinsèque de l'isolateur optique.

10.11.3.3 Essai de courant de court-circuit

Trois échantillons de l'isolateur optique doivent être soumis à un essai de courant de court-circuit. La tension en circuit ouvert du circuit d'essai doit être U_m . La capacité disponible en courant de court-circuit instantané du circuit d'essai doit être d'au moins 200 A. Le circuit d'essai doit être relié à l'isolateur optique de sorte que le courant d'essai circule à travers le côté de sécurité non intrinsèque de l'isolateur optique. Les composants de protection ou ensembles qui sont partie intégrante du circuit peuvent rester raccordés pour l'essai.

10.11.3.4 Essai de courant de court-circuit à courant limité

Lorsque les isolateurs optiques ont des coupe-circuit à fusibles protecteurs en série ou des résistances de limitation de courant, trois échantillons supplémentaires de l'isolateur optique doivent être soumis à 1,7 fois le courant assigné normal du coupe-circuit à fusibles ou à 1,5 fois la valeur calculée du courant de court-circuit à travers la résistance dans des conditions de défaut, jusqu'à ce les températures atteignent l'équilibre.

10.11.3.5 Essai de tenue diélectrique

Chaque échantillon doit supporter sans rupture un essai de tenue diélectrique de $2U + 1\,000\text{ V}$ ou $1\,500\text{ V eff}$, selon la plus grande des deux valeurs, appliqué entre le côté de sécurité intrinsèque et le côté de sécurité non intrinsèque de l'isolateur optique pendant $(65 \pm 5)\text{ s}$.

Au cours de ces essais, les isolateurs optiques ne doivent pas exploser ni prendre feu tout au long des essais de courant de court-circuit et le courant ne doit pas dépasser 1 mA pendant les essais de tenue diélectrique.

10.12 Courant admissible des connecteurs des circuits imprimés infaillible

Le courant admissible des connecteurs sera essayé pendant au moins 1 h avec un courant de 1,5 fois le courant continu maximal qui peut passer dans le connecteur sous des conditions de défauts normales. L'application de ce courant d'essai ne devrait générer de défaut ou de circuit ouvert ou décoller la piste du substrat en tout point.

11 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 admissible, 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 10.8.

11.2 Essais diélectriques individuels de série des transformateurs infaillibles

Pendant les essais individuels de série, les tensions appliquées aux transformateurs infaillibles doivent être conformes aux valeurs indiquées au Tableau 10, où U est la plus haute tension assignée de tout enroulement en essai. La tension d'essai doit être appliquée pour une durée de 60 s.

Autrement, l'essai peut être réalisé à 1,2 fois la tension d'essai, mais avec une durée réduite d'au moins 1 s.

La tension appliquée doit rester constante pendant l'essai. Le courant circulant pendant l'essai ne doit pas croître au-dessus de ce qui est prévu dans la conception du circuit et il ne doit excéder 5 mA eff à aucun moment.

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 10 – Essais diélectriques individuels des transformateurs infaillibles

Point d'application	Valeur efficace de la tension d'essai		
	Transformateurs de réseau	Transformateurs non de réseau	Transformateurs dont les enroulements primaires et secondaires sont de sécurité intrinsèque
Entre enroulements d'entrée et de sortie	$4 U$ ou 2 500 V, selon la plus grande des deux valeurs	$2 U + 1\,000$ V ou 1 500 V, selon la plus grande des deux valeurs	500 V
Entre tous les enroulements et le noyau ou l'écran	$2 U$ ou 1 000 V, selon la plus grande des deux valeurs	$2 U$ ou 500 V, selon la plus grande des deux valeurs	500 V
Entre chaque enroulement qui alimente un circuit de sécurité intrinsèque et un autre enroulement de sortie	$2 U + 1\,000$ V ou 1 500 V, selon la plus grande des deux valeurs	$2 U$ ou 500 V, selon la plus grande des deux valeurs	500 V
Entre chaque enroulement de circuit de sécurité intrinsèque	$2 U$ ou 500 V, selon la plus grande des deux valeurs	$2 U$ ou 500 V, selon la plus grande des deux valeurs	500 V

12 Marquage

12.1 Généralités

Le matériel à sécurité intrinsèque et le matériel associé doivent porter au minimum le marquage spécifié dans la CEI 60079-0. Le texte des marquages d'avertissement, lorsque cela est applicable, doit être dérivé du Tableau «Texte de marquages d'avertissement» de la CEI 60079-0.

Le matériel conforme aux exigences de 5.4 doit être marqué avec le symbole «ic». Quand il est nécessaire d'inclure le marquage d'une ou plusieurs méthodes de protection énumérées dans la CEI 60079-0, le symbole «ic» doit être placé en premier.

Dans le cas du matériel électrique associé, les symboles Ex ia, Ex ib ou Ex ic (ou ia, ib ou ic, si Ex est déjà marqué) doivent être placés entre crochets.

NOTE 1 Il convient de marquer tous les paramètres utiles, 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 de cette norme et dans la CEI 60079-0.

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 .

Pour le matériel conforme aux exigences de 6.1.1.3 a), le degré IP doit être marqué.

Pour le matériel conforme aux exigences de 6.1.1.3 c), le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de la CEI 60079-0 et les conditions spécifiques d'utilisation énumérées sur le certificat doivent donner dans le détail les exigences.

Pour le matériel non conforme aux exigences de 6.3.13, le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de la CEI 60079-0 et les conditions spécifiques d'utilisation énumérées sur le certificat doivent donner dans le détail des exigences.

Lorsqu'il est nécessaire de protéger le matériel contre des chocs physiques externes afin d'empêcher que l'énergie de choc 10.7 dépasse les valeurs spécifiées, les détails des exigences doivent être spécifiés comme conditions spéciales pour une utilisation sûre et le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de la CEI 60079-0 et les Conditions spécifiques d'utilisation énumérées sur le certificat doivent donner dans le détail les exigences.

Pour le matériel conforme aux exigences de l'Annexe G, chaque pièce de matériel doit en outre être marquée du mot «FISCO» suivi d'une indication de sa fonction, à savoir alimentation électrique, dispositif de terrain ou dispositif de terminaison.

Lorsqu'un appareil comporte un marquage double de sorte à pouvoir être utilisé aussi bien dans un système FISCO que dans un système de sécurité intrinsèque conventionnel, un soin particulier doit être apporté à l'établissement d'une distinction entre le marquage FISCO et le marquage pour le système de sécurité intrinsèque conventionnel.

Dans le cas des alimentations électriques FISCO, les paramètres de sortie U_o , I_o , C_o , L_o , P_o et L_o/R_o et dans le cas des dispositifs de terrain ou des dispositifs de terminaison FISCO, les paramètres d'entrée et internes U_i , I_i , C_i , L_i , P_i et L_i/R_i peuvent ne pas être marqués.

12.2 Marquage des dispositifs de raccordement

Les dispositifs 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'une couleur est utilisée pour cela, elle doit être le bleu clair pour les connexions de sécurité intrinsèque.

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 approprié 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 supplémentaires, 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.

12.3 Marquages d'avertissement

Lorsque l'un des marquages d'avertissement suivants est exigé sur le matériel, le texte comme décrit dans le Tableau 11, suivant le mot «AVERTISSEMENT», peut être remplacé par un texte équivalent d'un point de vue technique. Des avertissements multiples peuvent être combinés en un avertissement équivalent.

Tableau 11 – Texte de marquages d'avertissement

Point	Référence	Marquage d'AVERTISSEMENT
a)	7.4.1	AVERTISSEMENT – UTILISER UNIQUEMENT DES ACCUMULATEURS YYYYY (où Y est le nom du fabricant des éléments et le numéro du type de pile ou d'accumulateur).
b)	7.4.7	AVERTISSEMENT– NE PAS REMPLACER LES ACCUMULATEURS SI UNE ATMOSPHÈRE EXPLOSIVE PEUT ÊTRE PRÉSENTE
c)	7.4.8	AVERTISSEMENT – NE PAS CHARGER L'ACCUMULATEUR DANS UN EMPLACEMENT DANGEREUX
d)	7.4.8	AVERTISSEMENT – NE PAS OUVRIR EN CAS DE PRESENCE D'ATMOSPHERE EXPLOSIVE

12.4 Exemples de marquage

Des exemples de marquage sont donnés ci-après.

a) Matériel à sécurité intrinsèque autonome

C TOME LTD
PAGING RECEIVER TYPE 3
Ex ia IIC T4
 $-25\text{ °C} \leq T_a \leq +50\text{ °C}$
IECEX ExCB 04.****
Numéro de série XXXX

b) Matériel à sécurité intrinsèque conçu pour être raccordé à d'autres matériels

M HULOT
TRANSDUCTEUR TYPE 12
Ex ib IIB T4
ACB No: Ex05****
 L_i : 10 μ H C_j : 1 200 pF.
 U_i : 28 V I_i : 250 mA
 P_i : 1,3 W

c) Matériel associés

J SCHMIDT A.G.	
STROMVERSORGUNG TYP 4	
[Ex ib] I	
ACB No: Ex05****	
U_m : 250 V	P_0 : 0,9 W
I_0 : 150 mA	U_0 : 24 V
L_0 : 20 mH	C_0 : 4,6 μ F

d) Matériel associé protégé par une enveloppe antidéflagrante

PIZZA ELECT. SpA	
Ex d [ia] IIB T6	
ACB No: Ex05****	
U_m : 250 V	P_0 : 0,9 W
U_0 : 36 V	I_0 : 100 mA
C_0 : 0,31 μ F	L_0 : 15 mH
Numéro de série XXXX	

e) Matériel à sécurité intrinsèque de Niveau de Protection «ic»

M HULOT	
TRANSDUCTEUR TYPE 12A	
Ex ib IIB T4	
ACB No: Ex05****	
U_i : 28 V	$C_i = 0$

f) Matériel à sécurité intrinsèque de Niveau de Protection «ib» avec des sorties «ia»

PRAHA ELECT	
Ex ib [ia IIC] IIB T6	
ACB No: Ex09****	
U_i : 30 V	U_0 : 5.6 V
I_i : 93 mA	P_0 : 0,014 W
L_i : 0,01 mH	à 10 mA
C_i : 0,31 μ F	L_0 : 0,15 mH
Numéro de série XXXX	C_0 : 35 μ F

où ACB sont les initiales de l'autorité de certification, si applicable.

13 Documentation

La documentation doit inclure les instructions imposées par les exigences d'*instructions* de la CEI 60079-0 et elle doit inclure les informations suivantes, quand elles sont applicables:

- a) les paramètres électriques pour le concept d'entité
 - 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 le rapport L_i/R_i ;
- b) toutes exigences spéciales pour l'installation, la maintenance sous tension et l'utilisation;

NOTE Un schéma de contrôle est recommandé pour consolider les informations de connexion et les exigences spéciales pour l'installation et l'utilisation.

- c) la tension maximale U_m qui peut être appliquée aux bornes des circuits de sécurité non 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 6.3.13;
- f) la désignation des surfaces de toute enveloppe seulement dans les cas où cela est pertinent pour la sécurité intrinsèque;
- g) les conditions d'environnement auxquelles le matériel est adapté;
- h) Si l'Annexe F a été appliquée, la documentation doit énoncer le degré de pollution ambiant et la catégorie de surtension.

Annexe A (normative)

Évaluation des circuits de sécurité intrinsèque

A.1 Critères de base

Un circuit de sécurité intrinsèque doit satisfaire à trois critères de base:

- a) aucune inflammation par étincelles ne doit être constatée lorsque le circuit est soumis à essai ou évalué selon l'Article 10 pour le mode de protection considéré (voir Article 5) et pour le groupe (voir Article 4) du matériel électrique;
- b) le classement en température des matériels à sécurité intrinsèque doit être établi en conformité avec 5.6 et les exigences de *Températures* de la CEI 60079-0 de manière à s'assurer que l'inflammation n'est pas provoquée par des surfaces chaudes. Le classement en température ne doit pas s'appliquer pas aux matériels associés;
- c) le circuit doit être séparé des autres circuits de façon appropriée.

NOTE 1 Le critère a) 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 étincelles.

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 l'usage de lignes de fuites et distances dans l'air appropriées, et par l'utilisation de composants conformes à l'Article 8, par exemple transformateurs ou résistances de limitation de courant.

A.2 Évaluation utilisant les courbes et 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 coefficients de sécurité conformément à 10.1.4.2 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 10.1.4.2) et du mode de protection du 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 soumis à essai 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 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 électrique

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 exigences d'infailibilité (voir 8.5), 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 déterminer la valeur maximale de la tension de l'accumulateur conformément à 7.4.4. Cela suppose que la tension de l'accumulateur déduite est 22 V.

- ii) Le courant maximal de court-circuit est de $22/300 = 73,3$ mA.

Puisque le circuit est résistif, l'application des exigences de l'Article 5 et de 10.1.4.2 donne lieu à un circuit modifié dans lequel le courant de court-circuit est porté à $1,5 \times 73,3 = 110$ mA.

- iii) À 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 exigences de l'Article 5 et de 10.1.4.2 5 exige que, pour un coefficient de sécurité de 1,5, la tension soit augmentée 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.

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 de la Figure A.8 qui est destiné à une application de Groupe I. Il consiste en un accumulateur de 30 V connecté à une capacité de 10 μF à travers une résistance infaillible correctement montée de 10 k Ω . Dans l'exemple proposé, les valeurs de 30 V et 10 μF sont des valeurs maximales et 10 k Ω une valeur minimale.

Deux évaluations séparées sont 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 électrique

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.

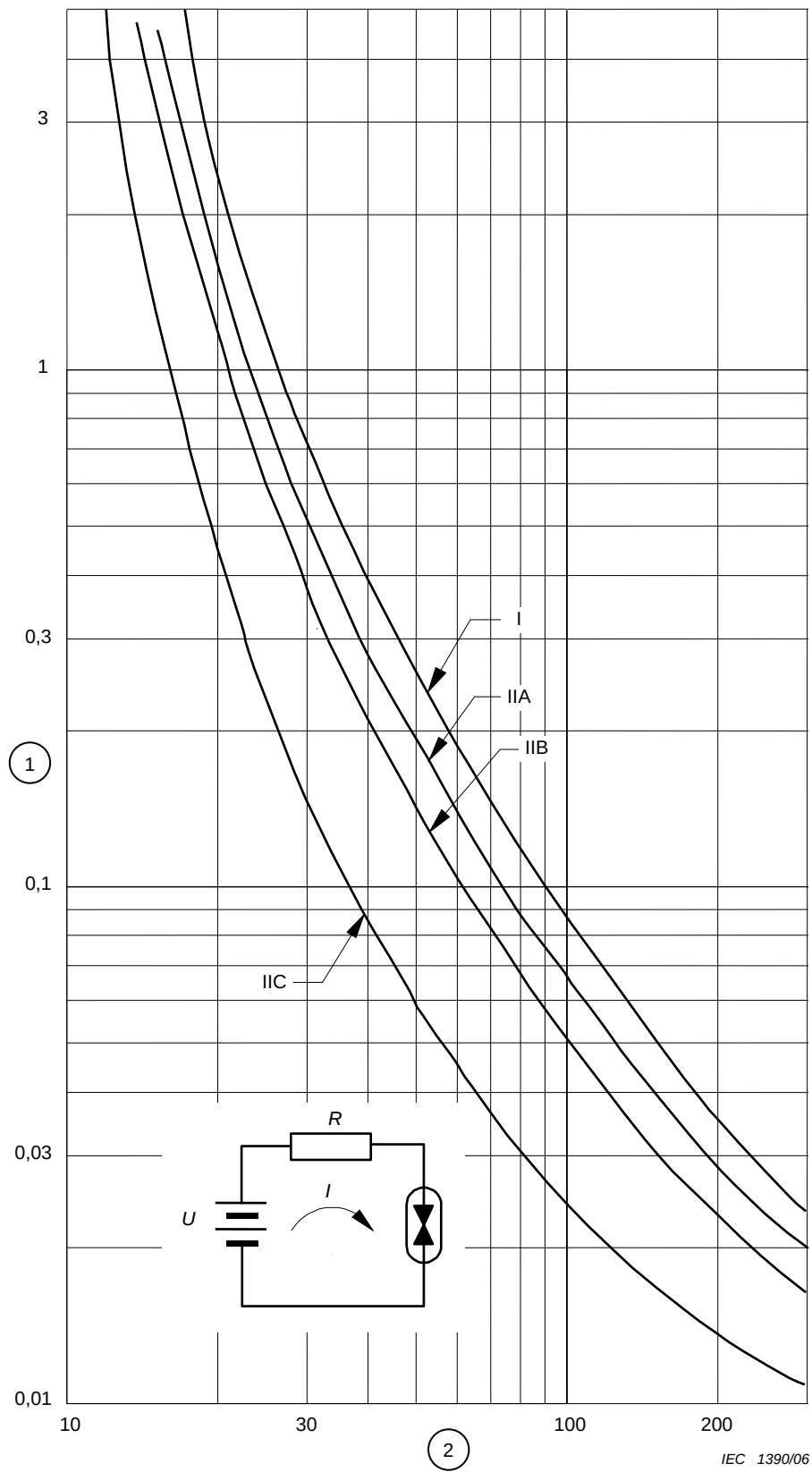
2) Condensateur

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 k Ω est infaillible et le défaut par court-circuit ou une ouverture de circuit de la capacité conduit au circuit considéré en b) 1).
- ii) L'application des exigences de l'Article 5 et de 10.1.4.2 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 7,2 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. Il convient de réduire la tension du circuit ou les valeurs de capacités, ou bien d'insérer une résistance en série avec le condensateur de 10 μF . La référence à la Figure A.2 montre que la tension d'inflammation minimale pour 10 μF est 26 V, et donc que la tension de l'accumulateur doit être réduite à $26/1,5 = 17,3 \text{ V}$ si la valeur de 10 μF est maintenue. D'une autre manière, la valeur de la capacité pourrait être réduite à 3 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.

NOTE 4 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 il convient de les soumettre à un essai à l'éclateur (voir Annexe B).

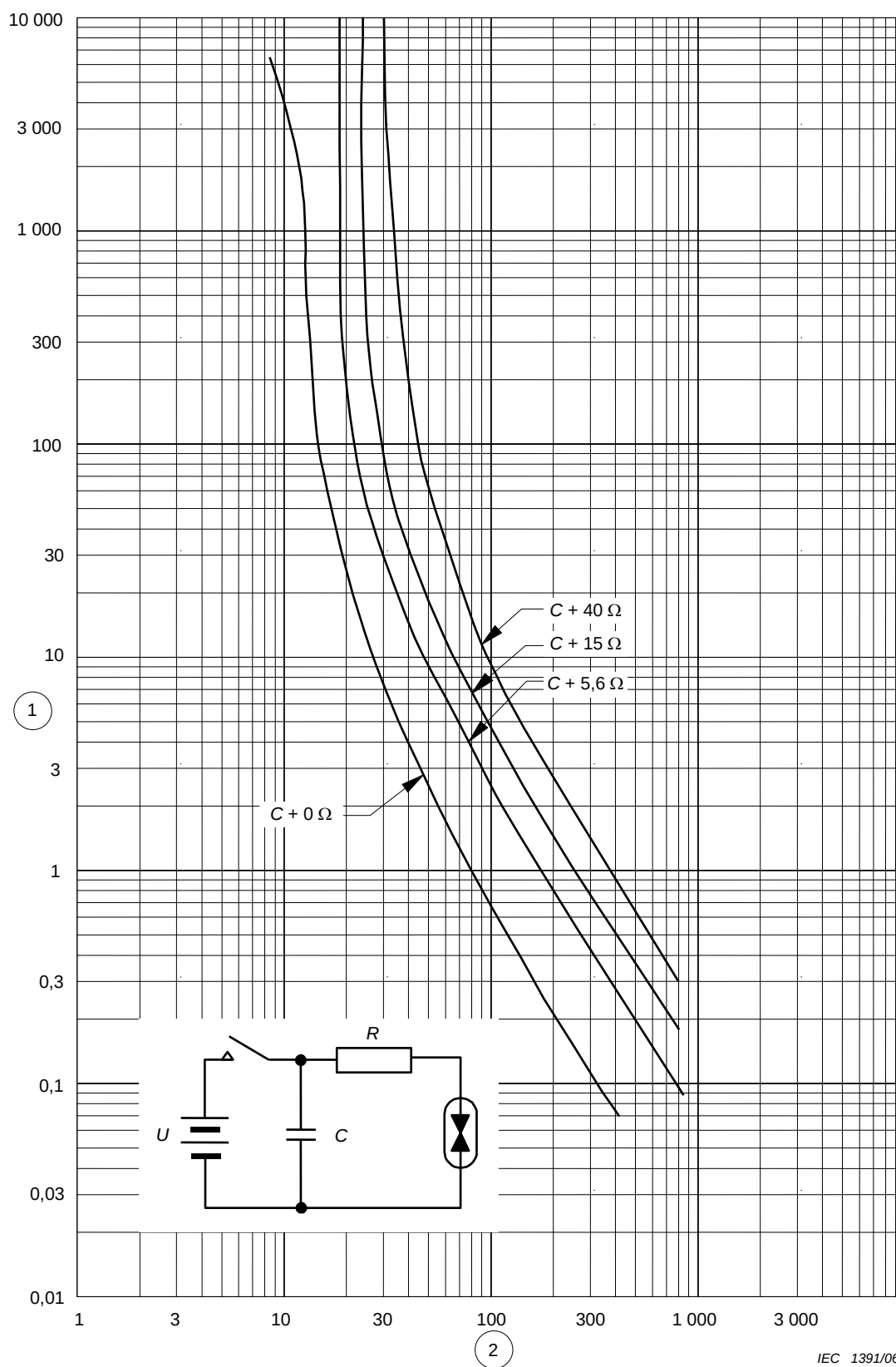


Légende

1 Courant minimal d'inflammation I (A)

2 Tension de la source U (V)

Figure A.1 – Circuits résistifs

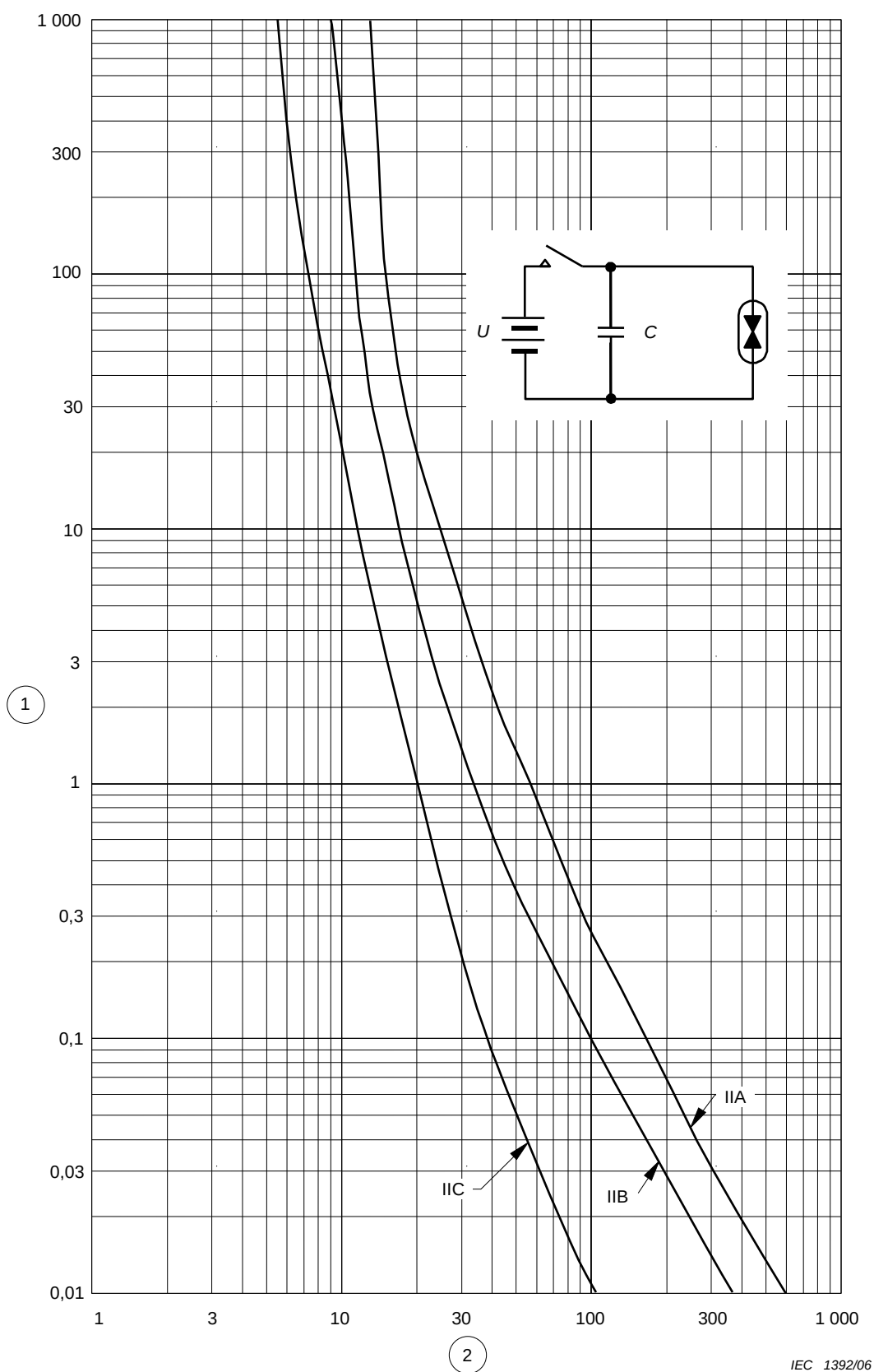


IEC 1391/06

Légende1 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

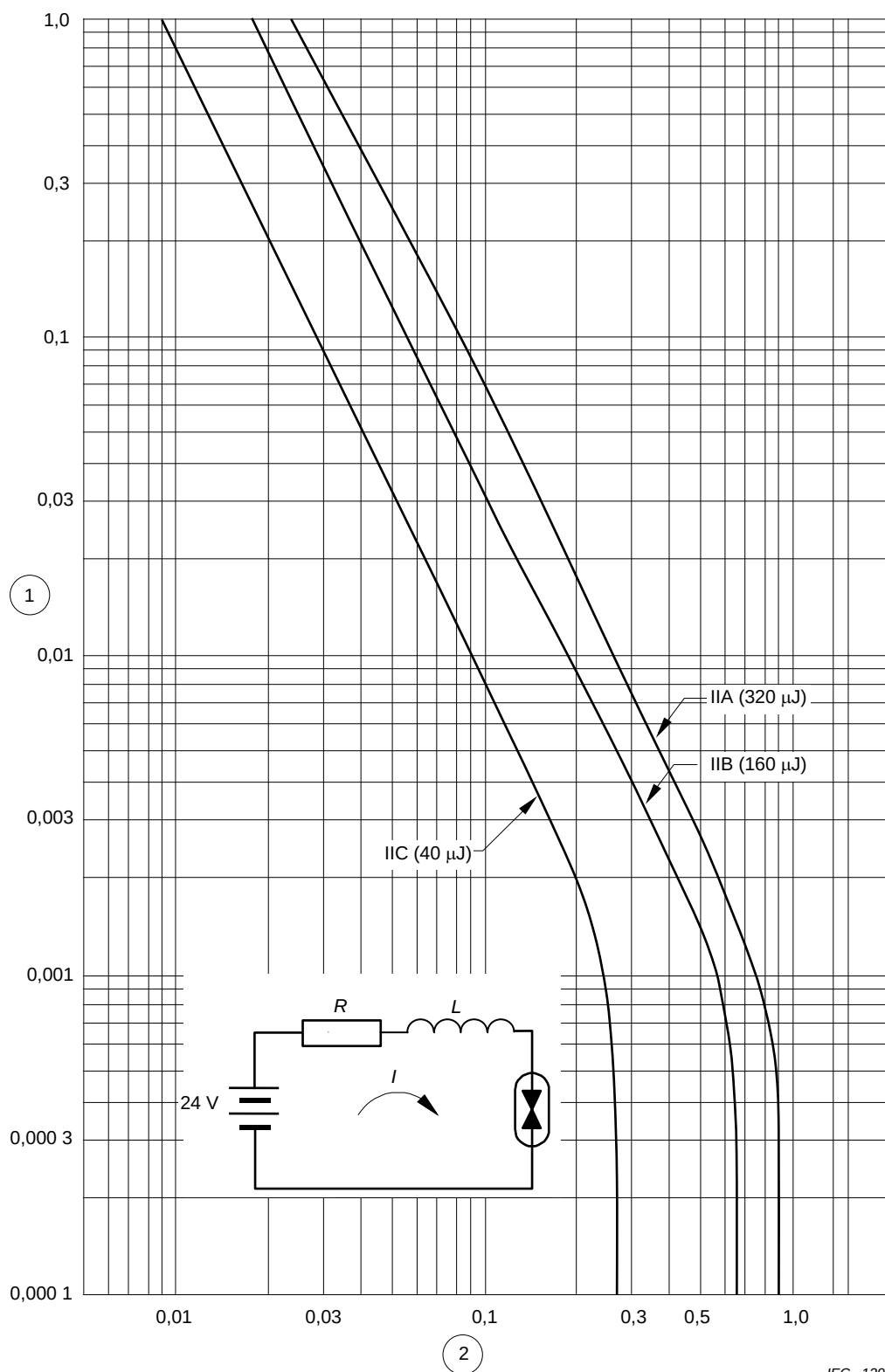


Légende

1 Capacité C (μF)

2 Tension minimale d'inflammation U (V)

Figure A.3 – Circuits capacitifs du Groupe II



IEC 1393/06

Légende1 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

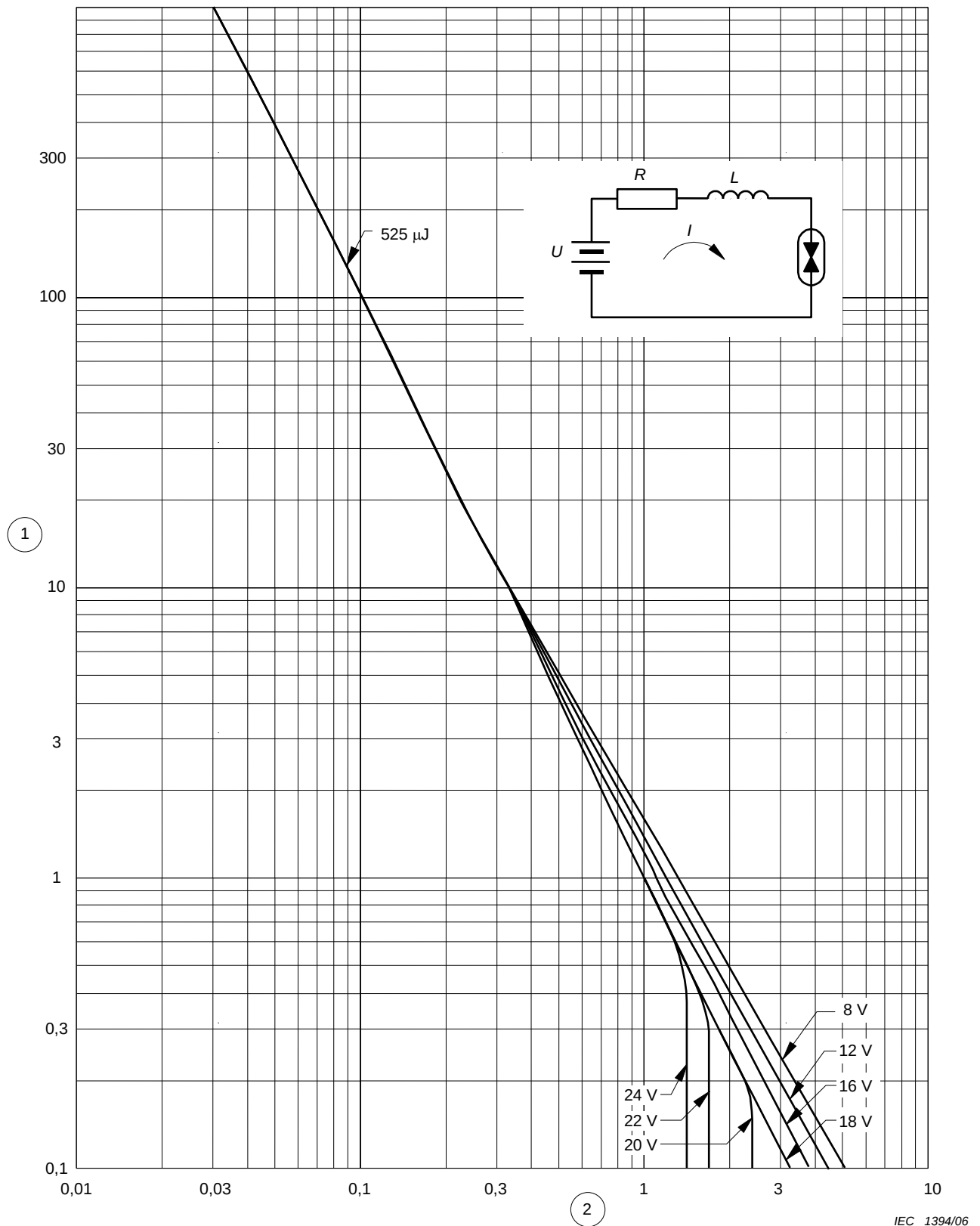
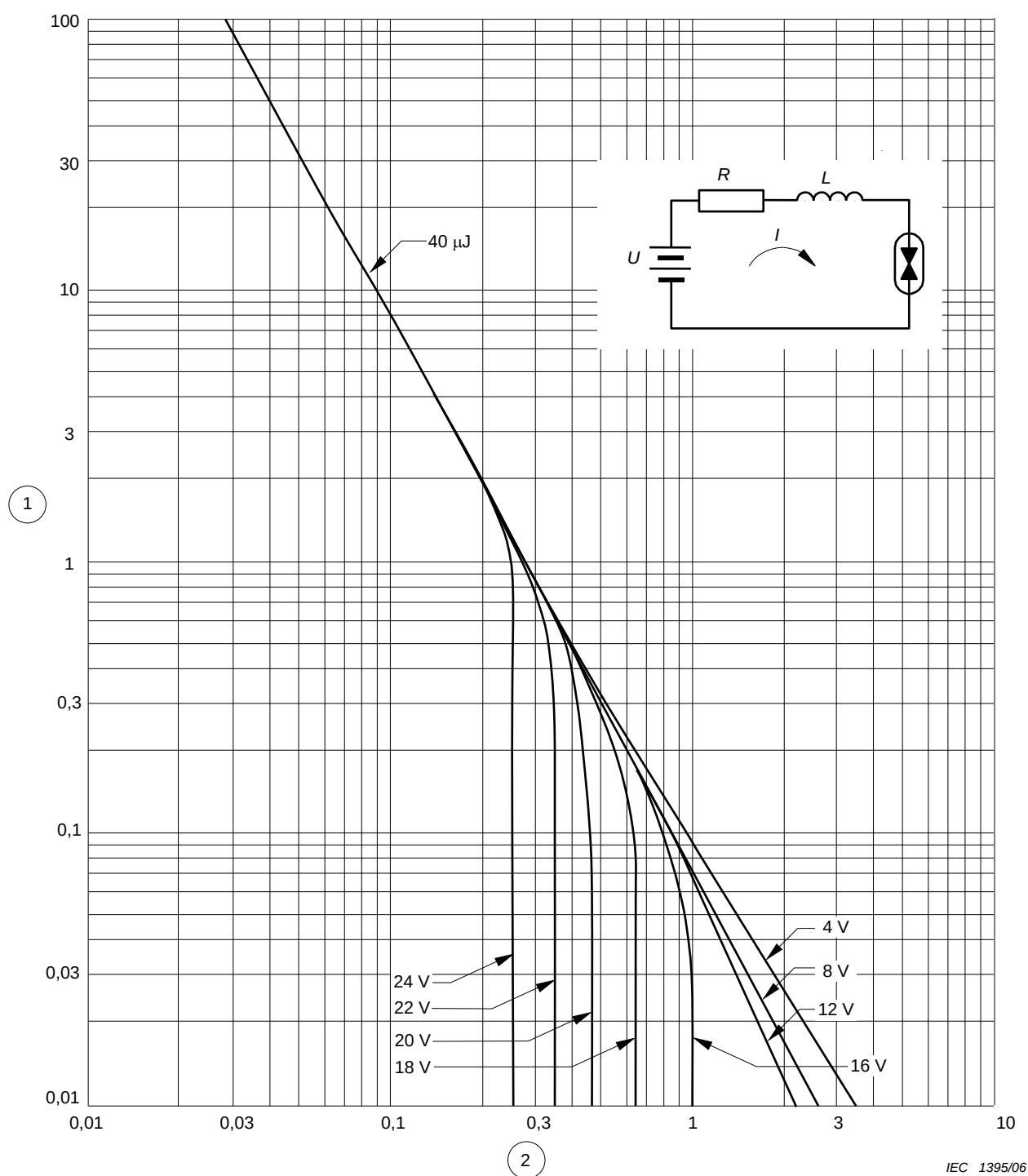


Figure A.5 – Circuits inductifs du Groupe I



IEC 1395/06

Légende1 Inductance L (mH)2 Courant minimal d'inflammation I (A)NOTE 1 Les courbes correspondent aux valeurs de la tension du circuit U comme indiqué.NOTE 2 Le niveau d'énergie de $40 \mu\text{J}$ correspond à la portion d'énergie constante de la courbe.**Figure A.6 – Circuits inductifs du Groupe IIC**

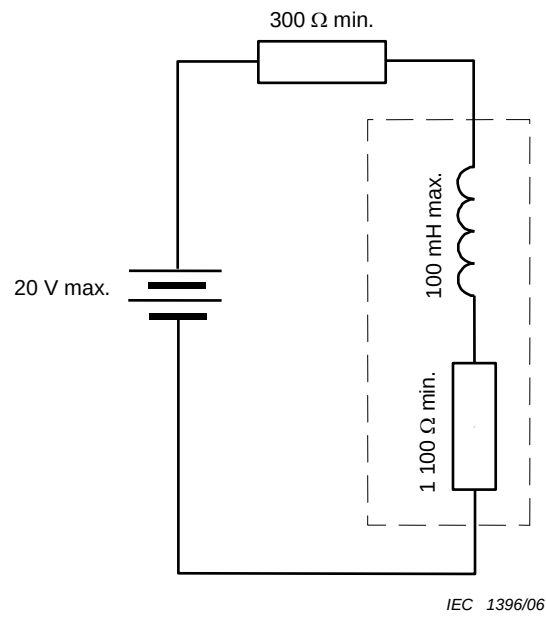


Figure A.7 – Circuit inductif simple

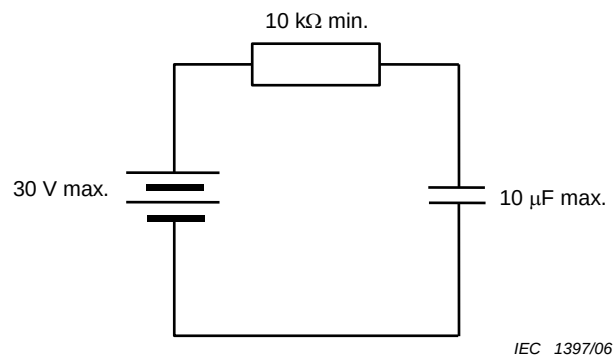


Figure A.8 – Circuit capacitif simple

**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 mA							
	pour le matériel du Groupe IIC		pour le matériel du Groupe IIB		pour le matériel du Groupe IIA		pour le matériel du Groupe I	
	avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
12								
12,1	5 000	3 330						
12,2	4 720	3 150						
12,3	4 460	2 970						
12,4	4 210	2 810						
12,5	3 980	2 650						
12,6	3 770	2 510						
12,7	3 560	2 370						
12,8	3 370	2 250						
12,9	3 190	2 130						
13	3 020	2 020						
13,1	2 870	1 910						
13,2	2 720	1 810						
13,3	2 580	1 720						
13,4	2 450	1 630						
13,5	2 320	1 550	5 000	3 330				
13,6	2 210	1 470	4 860	3 240				
13,7	2 090	1 400	4 720	3 140				
13,8	1 990	1 330	4 580	3 050				
13,9	1 890	1 260	4 450	2 970				
14	1 800	1 200	4 330	2 880				
14,1	1 750	1 160	4 210	2 800				
14,2	1 700	1 130	4 090	2 730				
14,3	1 650	1 100	3 980	2 650				
14,4	1 600	1 070	3 870	2 580				
14,5	1 550	1 040	3 760	2 510				
14,6	1 510	1 010	3 660	2 440				
14,7	1 470	980	3 560	2 380				
14,8	1 430	950	3 470	2 310	5 000	3 330		
14,9	1 390	930	3 380	2 250	4 860	3 240		
15	1 350	900	3 290	2 190	4 730	3 150		
15,1	1 310	875	3 200	2 140	4 600	3 070		
15,2	1 280	851	3 120	2 080	4 480	2 990		
15,3	1 240	828	3 040	2 030	4 360	2 910		
15,4	1 210	806	2 960	1 980	4 250	2 830		
15,5	1 180	784	2 890	1 920	4 140	2 760		
15,6	1 150	769	2 810	1 880	4 030	2 690		
15,7	1 120	744	2 740	1 830	3 920	2 620		
15,8	1 090	724	2 680	1 780	3 820	2 550		
15,9	1 060	705	2 610	1 740	3 720	2 480		
16	1 030	687	2 550	1 700	3 630	2 420	5 000	3 330
16,1	1 000	669	2 480	1 660	3 540	2 360	4 830	3 220
16,2	980	652	2 420	1 610	3 450	2 300	4 660	3 110
16,3	950	636	2 360	1 570	3 360	2 240	4 490	2 990
16,4	930	620	2 310	1 540	3 280	2 190	4 320	2 880
16,5	910	604	2 250	1 500	3 200	2 130	4 240	2 830
16,6	880	589	2 200	1 470	3 120	2 080	4 160	2 770
16,7	860	575	2 150	1 430	3 040	2 030	4 080	2 720
16,8	840	560	2 100	1 400	2 970	1 980	4 000	2 670
16,9	820	547	2 050	1 370	2 900	1 930	3 740	2 490
17	800	533	2 000	1 340	2 830	1 890	3 480	2 320
17,1	780	523	1 960	1 310	2 760	1 840	3 450	2 300
17,2	770	513	1 930	1 280	2 700	1 800	3 420	2 280
17,3	750	503	1 890	1 260	2 630	1 760	3 390	2 260
17,4	740	493	1 850	1 240	2 570	1 720	3 360	2 240
17,5	730	484	1 820	1 210	2 510	1 680	3 320	2 210
17,6	710	475	1 790	1 190	2 450	1 640	3 300	2 200
17,7	700	466	1 750	1 170	2 400	1 600	3 260	2 170

Tableau A.1 (suite)

Tension V	Courant de court-circuit admissible mA							
	pour le matériel du Groupe IIC		pour le matériel du Groupe IIB		pour le matériel du Groupe IIA		pour le matériel du Groupe I	
	avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
17,8	690	457	1 720	1 150	2 340	1 560	3 230	2 150
17,9	670	448	1 690	1 130	2 290	1 530	3 200	2 130
18	660	440	1 660	1 110	2 240	1 490	3 170	2 110
18,1	648	432	1 630	1 087	2 188	1 459	3 083	2 055
18,2	636	424	1 601	1 068	2 139	1 426	3 000	2 000
18,3	625	417	1 573	1 049	2 091	1 394	2 935	1 956
18,4	613	409	1 545	1 030	2 045	1 363	2 871	1 914
18,5	602	402	1 518	1 012	2 000	1 333	2 807	1 871
18,6	592	394	1 491	995	1 967	1 311	2 743	1 828
18,7	581	387	1 466	977	1 935	1 290	2 679	1 786
18,8	571	380	1 441	960	1 903	1 269	2 615	1 743
18,9	561	374	1 416	944	1 872	1 248	2 551	1 700
19	551	367	1 392	928	1 842	1 228	2 487	1 658
19,1	541	361	1 368	912	1 812	1 208	2 465	1 643
19,2	532	355	1 345	897	1 784	1 189	2 444	1 629
19,3	523	348	1 323	882	1 755	1 170	2 423	1 615
19,4	514	342	1 301	867	1 727	1 152	2 401	1 600
19,5	505	337	1 279	853	1 700	1 134	2 380	1 586
19,6	496	331	1 258	839	1 673	1 116	2 359	1 572
19,7	484	325	1 237	825	1 648	1 098	2 337	1 558
19,8	480	320	1 217	811	1 622	1 081	2 316	1 544
19,9	472	314	1 197	798	1 597	1 065	2 295	1 530
20	464	309	1 177	785	1 572	1 048	2 274	1 516
20,1	456	304	1 158	772	1 549	1 032	2 219	1 479
20,2	448	299	1 140	760	1 525	1 016	2 164	1 443
20,3	441	294	1 122	748	1 502	1 001	2 109	1 406
20,4	434	289	1 104	736	1 479	986	2 054	1 369
20,5	427	285	1 087	724	1 457	971	2 000	1 333
20,6	420	280	1 069	713	1 435	957	1 924	1 283
20,7	413	275	1 053	702	1 414	943	1 849	1 233
20,8	406	271	1 036	691	1 393	929	1 773	1 182
20,9	400	267	1 020	680	1 373	915	1 698	1 132
21	394	262	1 004	670	1 353	902	1 623	1 082
21,1	387	258	989	659	1 333	889	1 603	1 069
21,2	381	254	974	649	1 314	876	1 583	1 055
21,3	375	250	959	639	1 295	863	1 564	1 043
21,4	369	246	945	630	1 276	851	1 544	1 029
21,5	364	243	930	620	1 258	839	1 525	1 017
21,6	358	239	916	611	1 240	827	1 505	1 003
21,7	353	235	903	602	1 222	815	1 485	990
21,8	347	231	889	593	1 205	804	1 466	977,3
21,9	342	228	876	584	1 189	792	1 446	964
22	337	224	863	575	1 172	781	1 427	951,3
22,1	332	221	851	567	1 156	770	1 394	929,3
22,2	327	218	838	559	1 140	760	1 361	907,3
22,3	322	215	826	551	1 124	749	1 328	885,3
22,4	317	211	814	543	1 109	739	1 296	864
22,5	312	208	802	535	1 093	729	1 281	854
22,6	308	205	791	527	1 078	719	1 267	844,7
22,7	303	202	779	520	1 064	709	1 253	835,3
22,8	299	199	768	512	1 050	700	1 239	826
22,9	294	196	757	505	1 036	690	1 225	816,7
23	290	193	747	498	1 022	681	1 211	807,3
23,1	287	191	736	491	1 008	672	1 185	790
23,2	284	189	726	484	995	663	1 160	773,3
23,3	281	187	716	477	982	655	1 135	756,7
23,4	278	185	706	471	969	646	1 110	740
23,5	275	183	696	464	956	638	1 085	723,3
23,6	272	182	687	458	944	629	1 079	719,3

Tableau A.1 (suite)

Tension V	Courant de court-circuit admissible mA							
	pour le matériel du Groupe IIC		pour le matériel du Groupe IIB		pour le matériel du Groupe IIA		pour le matériel du Groupe I	
	avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
23,7	270	180	677	452	932	621	1 073	715,3
23,8	267	178	668	445	920	613	1 068	712
23,9	264	176	659	439	908	605	1 062	708
24	261	174	650	433	896	597	1 057	704,7
24,1	259	173	644	429	885	590	1 048	698,7
24,2	256	171	637	425	873	582	1 040	693,3
24,3	253	169	631	421	862	575	1 032	688
24,4	251	167	625	416	852	568	1 024	682,7
24,5	248	166	618	412	841	561	1 016	677,3
24,6	246	164	612	408	830	554	1 008	672
24,7	244	163	606	404	820	547	1 000	666,7
24,8	241	161	601	400	810	540	991	660,7
24,9	239	159	595	396	800	533	983	655,3
25	237	158	589	393	790	527	975	650
25,1	234	156	583	389	780	520	964	642,7
25,2	232	155	578	385	771	514	953	635,3
25,3	230	153	572	381	762	508	942	628
25,4	228	152	567	378	752	502	931	620,7
25,5	226	150	561	374	743	496	920	613,3
25,6	223	149	556	371	734	490	916	610,7
25,7	221	148	551	367	726	484	912	608
25,8	219	146	546	364	717	478	908	605,3
25,9	217	145	541	360	708	472	904	602,7
26	215	143	536	357	700	467	900	600
26,1	213	142	531	354	694	463	890	593,3
26,2	211	141	526	350	688	459	881	587,3
26,3	209	139	521	347	683	455	871	580,7
26,4	207	138	516	344	677	451	862	574,7
26,5	205	137	512	341	671	447	853	568,7
26,6	203	136	507	338	666	444	847	564,7
26,7	202	134	502	335	660	440	841	560,7
26,8	200	133	498	332	655	437	835	556,7
26,9	198	132	493	329	649	433	829	552,7
27	196	131	489	326	644	429	824	549,3
27,1	194	130	485	323	639	426	818	545,3
27,2	193	128	480	320	634	422	813	542
27,3	191	127	476	317	629	419	808	538,7
27,4	189	126	472	315	624	416	803	535,3
27,5	188	125	468	312	619	412	798	532
27,6	186	124	464	309	614	409	793	528,7
27,7	184	123	460	306	609	406	788	525,3
27,8	183	122	456	304	604	403	783	522
27,9	181	121	452	301	599	399	778	518,7
28	180	120	448	299	594	396	773	515,3
28,1	178	119	444	296	590	393	768	512
28,2	176	118	440	293	585	390	764	509,3
28,3	175	117	436	291	581	387	760	506,7
28,4	173	116	433	288	576	384	756	504
28,5	172	115	429	286	572	381	752	501,3
28,6	170	114	425	284	567	378	747	498
28,7	169	113	422	281	563	375	743	495,3
28,8	168	112	418	279	559	372	739	492,7
28,9	166	111	415	277	554	370	735	490
29	165	110	411	274	550	367	731	487,3
29,1	163	109	408	272	546	364	728	485,3
29,2	162	108	405	270	542	361	726	484
29,3	161	107	401	268	538	358	724	482,7
29,4	159	106	398	265	534	356	722	481,3
29,5	158	105	395	263	530	353	720	480

Tableau A.1 (suite)

Tension V	Courant de court-circuit admissible mA							
	pour le matériel du Groupe IIC		pour le matériel du Groupe IIB		pour le matériel du Groupe IIA		pour le matériel du Groupe I	
	avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
29,6	157	105	392	261	526	351	718	478,7
29,7	155	104	388	259	522	348	716	477,3
29,8	154	103	385	257	518	345	714	476
29,9	153	102	382	255	514	343	712	474,7
30	152	101	379	253	510	340	710	473,3
30,2	149	99,5	373	249	503	335	690	460
30,4	147	97,9	367	245	496	330	671	447,3
30,6	145	96,3	362	241	489	326	652	434,7
30,8	142	94,8	356	237	482	321	636	424
31	140	93,3	350	233	475	317	621	414
31,2	138	92,2	345	230	468	312	614	409,3
31,4	137	91	339	226	462	308	607	404,7
31,6	135	89,9	334	223	455	303	600	400
31,8	133	88,8	329	219	449	299	592	394,7
32	132	87,8	324	216	442	295	584	389,3
32,2	130	86,7	319	213	436	291	572	381,3
32,4	129	85,7	315	210	431	287	560	373,3
32,6	127	84,7	310	207	425	283	548	365,3
32,8	126	83,7	305	204	419	279	536	357,3
33	124	82,7	301	201	414	276	525	350
33,2	123	81,7	297	198	408	272	520	346,7
33,4	121	80,8	292	195	403	268	515	343,3
33,6	120	79,8	288	192	398	265	510	340
33,8	118	78,9	284	189	393	262	505	336,7
34	117	78	280	187	389	259	500	333,3
34,2	116	77,2	277	185	384	256	491	327,3
34,4	114	76,3	274	183	380	253	482	321,3
34,6	113	75,4	271	181	376	251	473	315,3
34,8	112	74,6	269	179	372	248	464	309,3
35	111	73,8	266	177	368	245	455	303,3
35,2	109	73	263	175	364	242	450	300
35,4	108	72,2	260	174	360	240	446	297,3
35,6	107	71,4	258	172	356	237	442	294,7
35,8	106	70,6	255	170	352	235	438	292
36	105	69,9	253	168	348	232	434	289,3
36,2	104	69,1	250	167	345	230	431	287,3
36,4	103	68,4	248	165	341	227	429	286
36,6	102	67,7	245	164	337	225	426	284
36,8	100	66,9	243	162	334	223	424	282,7
37	99,4	66,2	241	160	330	220	422	281,3
37,2	98,3	65,6	238	159	327	218	419	279,3
37,4	97,3	64,9	236	157	324	216	417	278
37,6	96,3	64,2	234	156	320	214	414	276
37,8	95,3	63,6	231	154	317	211	412	274,7
38	94,4	62,9	229	153	314	209	410	273,3
38,2	93,4	62,3	227	151	311	207	408	272
38,4	92,5	61,6	225	150	308	205	407	271,3
38,6	91,5	61	223	149	304	203	405	270
38,8	90,6	60,4	221	147	301	201	404	269,3
39	89,7	59,8	219	146	298	199	403	268,7
39,2	88,8	59,2	217	145	296	197	399	266
39,4	88	58,6	215	143	293	195	395	263,3
39,6	87,1	58,1	213	142	290	193	391	260,7
39,8	86,3	57,5	211	141	287	191	387	258
40	85,4	57	209	139	284	190	383	255,3
40,5	83,4	55,6	205	136	278	185	362	241,3
41	81,4	54,3	200	133	271	181	342	228
41,5	79,6	53	196	131	265	177	336	224
42	77,7	51,8	192	128	259	173	331	220,7
42,5	76	50,6	188	125	253	169	321	214

Tableau A.1 (suite)

Tension V	Courant de court-circuit admissible mA							
	pour le matériel du Groupe IIC		pour le matériel du Groupe IIB		pour le matériel du Groupe IIA		pour le matériel du Groupe I	
	avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
43	74,3	49,5	184	122	247	165	312	208
43,5	72,6	48,4	180	120	242	161	307	204,7
44	71	47,4	176	117	237	158	303	202
44,5	69,5	46,3	173	115	231	154	294	196
45	68	45,3	169	113	227	151	286	190,7

Tableau A.2 – Capacité admissible en fonction de la tension et du groupe de matériel

Tension V	Capacité admissible μF							
	pour le matériel du Groupe IIC		pour le matériel du Groupe IIB		pour le matériel du Groupe IIA		pour le matériel du Groupe I	
	avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
5,0		100						
5,1		88						
5,2		79						
5,3		71						
5,4		65						
5,5		58						
5,6	1 000	54						
5,7	860	50						
5,8	750	46						
5,9	670	43						
6,0	600	40		1 000				
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		1 000		
8,8	45	5,5		46		730		
8,9	42	5,2		43		590		
9,0	40	4,9	1 000	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		1 000
9,6	28	3,6	650	26		210		500
9,7	26	3,5	600	24		170		320
9,8	24	3,3	550	23		135		268
9,9	22	3,2	500	22		115		190
10,0	20,0	3,0	450	20,0		100		180
10,1	18,7	2,87	410	19,4		93		160
10,2	17,8	2,75	380	18,7		88		140
10,3	17,1	2,63	350	18,0		83		120
10,4	16,4	2,52	325	17,4		79		110
10,5	15,7	2,41	300	16,8		75		95
10,6	15,0	2,32	280	16,2		72		90
10,7	14,2	2,23	260	15,6		69		85
10,8	13,5	2,14	240	15,0		66		80
10,9	13,0	2,05	225	14,4		63		70
11,0	12,5	1,97	210	13,8		60		67,5
11,1	11,9	1,90	195	13,2		57,0		60
11,2	11,4	1,84	180	12,6		54,0		58

Tableau A.2 (suite)

Tension V	Capacité admissible μF							
	pour le matériel du Groupe IIC		pour le matériel du Groupe IIB		pour le matériel du Groupe IIA		pour le matériel du Groupe I	
	avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
11,3	10,9	1,79	170	12,1		51,0		54
11,4	10,4	1,71	160	11,7		48,0		52
11,5	10,0	1,64	150	11,2		46,0		48
11,6	9,6	1,59	140	10,8		43,0		46
11,7	9,3	1,54	130	10,3		41,0		42
11,8	9,0	1,50	120	9,9		39,0		40
11,9	8,7	1,45	110	9,4		37,0		38,6
12,0	8,4	1,41	100	9,0		36,0		38
12,1	8,1	1,37	93	8,7		34,0		36,6
12,2	7,9	1,32	87	8,4		33,0		36
12,3	7,6	1,28	81	8,1		31,0		34,3
12,4	7,2	1,24	75	7,9		30,0		34
12,5	7,0	1,2	70	7,7		28,0		32,3
12,6	6,8	1,15	66	7,4		27,0		32
12,7	6,6	1,10	62	7,1		25,4		30,5
12,8	6,4	1,06	58	6,8		24,2		30
12,9	6,2	1,03	55	6,5		23,2		29
13,0	6,0	1,0	52	6,2	1000	22,5		28,5
13,1	5,7	0,97	49	6,0	850	21,7		27,5
13,2	5,4	0,94	46	5,8	730	21,0		27
13,3	5,3	0,91	44	5,6	630	20,2		26
13,4	5,1	0,88	42	5,5	560	19,5		25,6
13,5	4,9	0,85	40	5,3	500	19,0		24,8
13,6	4,6	0,82	38	5,2	450	18,6		24,4
13,7	4,4	0,79	36	5,0	420	18,1		23,5
13,8	4,2	0,76	34	4,9	390	17,7		23
13,9	4,1	0,74	32	4,7	360	17,3		22
14,0	4,0	0,73	30	4,60	330	17,0		21,5
14,1	3,9	0,71	29	4,49	300	16,7		20,5
14,2	3,8	0,70	28	4,39	270	16,4	1000	20
14,3	3,7	0,68	27	4,28	240	16,1	800	19,64
14,4	3,6	0,67	26	4,18	210	15,8	500	19,48
14,5	3,5	0,65	25	4,07	185	15,5	360	19,16
14,6	3,4	0,64	24	3,97	160	15,2	320	19
14,7	3,3	0,62	23	3,86	135	14,9	268	18,6
14,8	3,2	0,61	22	3,76	120	14,6	220	18,4
14,9	3,1	0,59	21	3,65	110	14,3	190	18
15,0	3,0	0,58	20,2	3,55	100	14,0	180	17,8
15,1	2,9	0,57	19,7	3,46	95	13,7	170	17,48
15,2	2,82	0,55	19,2	3,37	91	13,4	160	17,32
15,3	2,76	0,53	18,7	3,28	88	13,1	140	17
15,4	2,68	0,521	18,2	3,19	85	12,8	130	16,8
15,5	2,60	0,508	17,8	3,11	82	12,5	120	16,48
15,6	2,52	0,497	17,4	3,03	79	12,2	110	16,32
15,7	2,45	0,487	17,0	2,95	77	11,9	100	16
15,8	2,38	0,478	16,6	2,88	74	11,6	95	15,8
15,9	2,32	0,469	16,2	2,81	72	11,3	90	15,4
16,0	2,26	0,460	15,8	2,75	70	11,0	87,5	15,2
16,1	2,20	0,451	15,4	2,69	68	10,7	85	14,8
16,2	2,14	0,442	15,0	2,63	66	10,5	80	14,64
16,3	2,08	0,433	14,6	2,57	64	10,2	75	14,32
16,4	2,02	0,424	14,2	2,51	62	10,0	70	14,16
16,5	1,97	0,415	13,8	2,45	60	9,8	67,5	13,8
16,6	1,92	0,406	13,4	2,40	58	9,6	65	13,64
16,7	1,88	0,398	13,0	2,34	56	9,4	60	13,32
16,8	1,84	0,390	12,6	2,29	54	9,3	58	13,16
16,9	1,80	0,382	12,3	2,24	52	9,1	56	12,8
17,0	1,76	0,375	12,0	2,20	50	9,0	54	12,64
17,1	1,71	0,367	11,7	2,15	48	8,8	52	12,32
17,2	1,66	0,360	11,4	2,11	47	8,7	50	12,16
17,3	1,62	0,353	11,1	2,06	45	8,5	48	11,8
17,4	1,59	0,346	10,8	2,02	44	8,4	46	11,6

Tableau A.2 (suite)

Tension V	Capacité admissible μF							
	pour le matériel du Groupe IIC		pour le matériel du Groupe IIB		pour le matériel du Groupe IIA		pour le matériel du Groupe I	
	avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
17,5	1,56	0,339	10,5	1,97	42	8,2	44	11,2
17,6	1,53	0,333	10,2	1,93	40	8,1	42	11
17,7	1,50	0,327	9,9	1,88	39	8,0	40	10,64
17,8	1,47	0,321	9,6	1,84	38	7,9	39,2	10,48
17,9	1,44	0,315	9,3	1,80	37	7,7	38,6	10,16
18,0	1,41	0,309	9,0	1,78	36	7,6	38	10
18,1	1,38	0,303	8,8	1,75	35	7,45	37,3	9,86
18,2	1,35	0,297	8,6	1,72	34	7,31	36,6	9,8
18,3	1,32	0,291	8,4	1,70	33	7,15	36	9,68
18,4	1,29	0,285	8,2	1,69	32	7,0	34,6	9,62
18,5	1,27	0,280	8,0	1,67	31	6,85	34,3	9,5
18,6	1,24	0,275	7,9	1,66	30	6,70	34	9,42
18,7	1,21	0,270	7,8	1,64	29	6,59	32,6	9,28
18,8	1,18	0,266	7,6	1,62	28	6,48	32,3	9,21
18,9	1,15	0,262	7,4	1,60	27	6,39	32	9,07
19,0	1,12	0,258	7,2	1,58	26	6,3	31,2	9
19,1	1,09	0,252	7,0	1,56	25,0	6,21	30,5	8,86
19,2	1,06	0,251	6,8	1,55	24,2	6,12	30	8,8
19,3	1,04	0,248	6,6	1,52	23,6	6,03	29,5	8,68
19,4	1,02	0,244	6,4	1,51	23,0	5,95	29	8,62
19,5	1,00	0,240	6,2	1,49	22,5	5,87	28,5	8,5
19,6	0,98	0,235	6,0	1,47	22,0	5,8	28	8,42
19,7	0,96	0,231	5,9	1,45	21,5	5,72	27,5	8,28
19,8	0,94	0,227	5,8	1,44	21,0	5,65	27	8,21
19,9	0,92	0,223	5,7	1,42	20,5	5,57	26,5	8,07
20,0	0,90	0,220	5,6	1,41	20,0	5,5	26	8
20,1	0,88	0,217	5,5	1,39	19,5	5,42	25,6	7,87
20,2	0,86	0,213	5,4	1,38	19,2	5,35	25,2	7,8
20,3	0,84	0,209	5,3	1,36	18,9	5,27	24,8	7,75
20,4	0,82	0,206	5,2	1,35	18,6	5,2	24,4	7,62
20,5	0,8	0,203	5,1	1,33	18,3	5,12	24	7,5
20,6	0,78	0,200	5,0	1,32	18,0	5,05	23,5	7,42
20,7	0,76	0,197	4,9	1,31	17,7	4,97	23	7,33
20,8	0,75	0,194	4,8	1,30	17,4	4,9	22,5	7,16
20,9	0,74	0,191	4,7	1,28	17,2	4,84	22	7
21,0	0,73	0,188	4,6	1,27	17,0	4,78	21,5	6,93
21,1	0,72	0,185	4,52	1,25	16,8	4,73	21	6,87
21,2	0,71	0,183	4,45	1,24	16,6	4,68	20,5	6,75
21,3	0,7	0,181	4,39	1,23	16,4	4,62	20	6,62
21,4	0,69	0,179	4,32	1,22	16,2	4,56	19,8	6,56
21,5	0,68	0,176	4,25	1,20	16,0	4,5	19,64	6,5
21,6	0,67	0,174	4,18	1,19	15,8	4,44	19,48	6,37
21,7	0,66	0,172	4,11	1,17	15,6	4,38	19,32	6,25
21,8	0,65	0,169	4,04	1,16	15,4	4,32	19,16	6,18
21,9	0,64	0,167	3,97	1,15	15,2	4,26	19	6,12
22,0	0,63	0,165	3,90	1,14	15,0	4,20	18,8	6
22,1	0,62	0,163	3,83	1,12	14,8	4,14	18,6	5,95
22,2	0,61	0,160	3,76	1,11	14,6	4,08	18,4	5,92
22,3	0,6	0,158	3,69	1,10	14,4	4,03	18,2	5,9
22,4	0,59	0,156	3,62	1,09	14,2	3,98	18	5,85
22,5	0,58	0,154	3,55	1,08	14,0	3,93	17,8	5,8
22,6	0,57	0,152	3,49	1,07	13,8	3,88	17,64	5,77
22,7	0,56	0,149	3,43	1,06	13,6	3,83	17,48	5,75
22,8	0,55	0,147	3,37	1,05	13,4	3,79	17,32	5,7
22,9	0,54	0,145	3,31	1,04	13,2	3,75	17,16	5,65
23,0	0,53	0,143	3,25	1,03	13,0	3,71	17	5,62
23,1	0,521	0,140	3,19	1,02	12,8	3,67	16,8	5,6
23,2	0,513	0,138	3,13	1,01	12,6	3,64	16,54	5,55
23,3	0,505	0,136	3,08	1,0	12,4	3,60	16,48	5,5
23,4	0,497	0,134	3,03	0,99	12,2	3,57	16,32	5,47
23,5	0,49	0,132	2,98	0,98	12,0	3,53	16,16	5,45

Tableau A.2 (suite)

Tension V	Capacité admissible μF							
	pour le matériel du Groupe IIC		pour le matériel du Groupe IIB		pour le matériel du Groupe IIA		pour le matériel du Groupe I	
	avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
23,6	0,484	0,130	2,93	0,97	11,8	3,50	16	5,4
23,7	0,478	0,128	2,88	0,96	11,6	3,46	15,8	5,35
23,8	0,472	0,127	2,83	0,95	11,4	3,42	15,6	5,32
23,9	0,466	0,126	2,78	0,94	11,2	3,38	15,4	5,3
24,0	0,46	0,125	2,75	0,93	11,0	3,35	15,2	5,25
24,1	0,454	0,124	2,71	0,92	10,8	3,31	15	5,2
24,2	0,448	0,122	2,67	0,91	10,7	3,27	14,8	5,17
24,3	0,442	0,120	2,63	0,90	10,5	3,23	14,64	5,15
24,4	0,436	0,119	2,59	0,89	10,3	3,20	14,48	5,1
24,5	0,43	0,118	2,55	0,88	10,2	3,16	14,32	5,05
24,6	0,424	0,116	2,51	0,87	10,0	3,12	14,16	5,02
24,7	0,418	0,115	2,49	0,87	9,9	3,08	14	5,0
24,8	0,412	0,113	2,44	0,86	9,8	3,05	13,8	4,95
24,9	0,406	0,112	2,4	0,85	9,6	3,01	13,64	4,9
25,0	0,4	0,110	2,36	0,84	9,5	2,97	13,48	4,87
25,1	0,395	0,108	2,32	0,83	9,4	2,93	13,32	4,85
25,2	0,390	0,107	2,29	0,82	9,3	2,90	13,16	4,8
25,3	0,385	0,106	2,26	0,82	9,2	2,86	13	4,75
25,4	0,380	0,105	2,23	0,81	9,1	2,82	12,8	4,72
25,5	0,375	0,104	2,20	0,80	9,0	2,78	12,64	4,7
25,6	0,37	0,103	2,17	0,80	8,9	2,75	12,48	4,65
25,7	0,365	0,102	2,14	0,79	8,8	2,71	12,32	4,6
25,8	0,36	0,101	2,11	0,78	8,7	2,67	12,16	4,57
25,9	0,355	0,100	2,08	0,77	8,6	2,63	12	4,55
26,0	0,35	0,099	2,05	0,77	8,5	2,60	11,8	4,5
26,1	0,345	0,098	2,02	0,76	8,4	2,57	11,6	4,45
26,2	0,341	0,097	1,99	0,75	8,3	2,54	11,4	4,42
26,3	0,337	0,097	1,96	0,74	8,2	2,51	11,2	4,4
26,4	0,333	0,096	1,93	0,74	8,1	2,48	11	4,35
26,5	0,329	0,095	1,90	0,73	8,0	2,45	10,8	4,3
26,6	0,325	0,094	1,87	0,73	8,0	2,42	10,64	4,27
26,7	0,321	0,093	1,84	0,72	7,9	2,39	10,48	4,25
26,8	0,317	0,092	1,82	0,72	7,8	2,37	10,32	4,2
26,9	0,313	0,091	1,80	0,71	7,7	2,35	10,16	4,15
27,0	0,309	0,090	1,78	0,705	7,6	2,33	10	4,12
27,1	0,305	0,089	1,76	0,697	7,5	2,31	9,93	4,1
27,2	0,301	0,089	1,74	0,690	7,42	2,30	9,86	4,05
27,3	0,297	0,088	1,72	0,683	7,31	2,28	9,8	4,0
27,4	0,293	0,087	1,71	0,677	7,21	2,26	9,74	3,97
27,5	0,289	0,086	1,70	0,672	7,10	2,24	9,68	3,95
27,6	0,285	0,086	1,69	0,668	7,00	2,22	9,62	3,9
27,7	0,281	0,085	1,68	0,663	6,90	2,20	9,56	3,85
27,8	0,278	0,084	1,67	0,659	6,80	2,18	9,5	3,82
27,9	0,275	0,084	1,66	0,654	6,70	2,16	9,42	3,8
28,0	0,272	0,083	1,65	0,650	6,60	2,15	9,35	3,76
28,1	0,269	0,082	1,63	0,645	6,54	2,13	9,28	3,72
28,2	0,266	0,081	1,62	0,641	6,48	2,11	9,21	3,70
28,3	0,263	0,08	1,60	0,636	6,42	2,09	9,14	3,68
28,4	0,26	0,079	1,59	0,632	6,36	2,07	9,07	3,64
28,5	0,257	0,078	1,58	0,627	6,30	2,05	9	3,6
28,6	0,255	0,077	1,57	0,623	6,24	2,03	8,93	3,57
28,7	0,253	0,077	1,56	0,618	6,18	2,01	8,86	3,55
28,8	0,251	0,076	1,55	0,614	6,12	2,00	8,8	3,5
28,9	0,249	0,075	1,54	0,609	6,06	1,98	8,74	3,45
29,0	0,247	0,074	1,53	0,605	6,00	1,97	8,68	3,42
29,1	0,244	0,074	1,51	0,600	5,95	1,95	8,62	3,4
29,2	0,241	0,073	1,49	0,596	5,90	1,94	8,56	3,35
29,3	0,238	0,072	1,48	0,591	5,85	1,92	8,5	3,3
29,4	0,235	0,071	1,47	0,587	5,80	1,91	8,42	3,27
29,5	0,232	0,071	1,46	0,582	5,75	1,89	8,35	3,25

Tableau A.2 (suite)

Tension V	Capacité admissible μF							
	pour le matériel du Groupe IIC		pour le matériel du Groupe IIB		pour le matériel du Groupe IIA		pour le matériel du Groupe I	
	avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
29,6	0,229	0,070	1,45	0,578	5,70	1,88	8,28	3,2
29,7	0,226	0,069	1,44	0,573	5,65	1,86	8,21	3,15
29,8	0,224	0,068	1,43	0,569	5,60	1,85	8,14	3,12
29,9	0,222	0,067	1,42	0,564	5,55	1,83	8,07	3,1
30,0	0,220	0,066	1,41	0,560	5,50	1,82	8	3,05
30,2	0,215	0,065	1,39	0,551	5,40	1,79	7,87	2,99
30,4	0,210	0,064	1,37	0,542	5,30	1,76	7,75	2,96
30,6	0,206	0,062 6	1,35	0,533	5,20	1,73	7,62	2,93
30,8	0,202	0,061 6	1,33	0,524	5,10	1,70	7,5	2,90
31,0	0,198	0,060 5	1,32	0,515	5,00	1,67	7,33	2,87
31,2	0,194	0,059 6	1,30	0,506	4,90	1,65	7,16	2,84
31,4	0,190	0,058 7	1,28	0,497	4,82	1,62	7	2,81
31,6	0,186	0,057 8	1,26	0,489	4,74	1,60	6,87	2,78
31,8	0,183	0,056 9	1,24	0,482	4,68	1,58	6,75	2,75
32,0	0,180	0,056 0	1,23	0,475	4,60	1,56	6,62	2,72
32,2	0,177	0,055 1	1,21	0,467	4,52	1,54	6,5	2,69
32,4	0,174	0,054 2	1,19	0,460	4,44	1,52	6,37	2,66
32,6	0,171	0,053 3	1,17	0,452	4,36	1,50	6,25	2,63
32,8	0,168	0,052 4	1,15	0,444	4,28	1,48	6,12	2,6
33,0	0,165	0,051 5	1,14	0,437	4,20	1,46	6	2,54
33,2	0,162	0,050 6	1,12	0,430	4,12	1,44	5,95	2,49
33,4	0,159	0,049 8	1,10	0,424	4,05	1,42	5,9	2,45
33,6	0,156	0,049 2	1,09	0,418	3,98	1,41	5,85	2,44
33,8	0,153	0,048 6	1,08	0,412	3,91	1,39	5,8	2,42
34,0	0,150	0,048	1,07	0,406	3,85	1,37	5,75	2,4
34,2	0,147	0,047 4	1,05	0,401	3,79	1,35	5,7	2,33
34,4	0,144	0,046 8	1,04	0,397	3,74	1,33	5,65	2,28
34,6	0,141	0,046 2	1,02	0,393	3,69	1,31	5,6	2,26
34,8	0,138	0,045 6	1,01	0,390	3,64	1,30	5,55	2,22
35,0	0,135	0,045	1,00	0,387	3,60	1,28	5,5	2,2
35,2	0,133	0,044 4	0,99	0,383	3,55	1,26	5,45	2,2
35,4	0,131	0,043 8	0,97	0,380	3,50	1,24	5,4	2,2
35,6	0,129	0,043 2	0,95	0,376	3,45	1,23	5,35	2,2
35,8	0,127	0,042 6	0,94	0,373	3,40	1,21	5,3	2,17
36,0	0,125	0,042	0,93	0,370	3,35	1,20	5,25	2,15
36,2	0,123	0,041 4	0,91	0,366	3,30	1,18	5,2	2,15
36,4	0,121	0,040 8	0,90	0,363	3,25	1,17	5,15	2,1
36,6	0,119	0,040 2	0,89	0,359	3,20	1,150	5,1	2
36,8	0,117	0,039 6	0,88	0,356	3,15	1,130	5,05	1,99
37,0	0,115	0,039	0,87	0,353	3,10	1,120	5	1,98
37,2	0,113	0,038 4	0,86	0,347	3,05	1,100	4,95	1,96
37,4	0,111	0,037 9	0,85	0,344	3,00	1,090	4,9	1,95
37,6	0,109	0,037 4	0,84	0,340	2,95	1,080	4,85	1,94
37,8	0,107	0,036 9	0,83	0,339	2,90	1,070	4,8	1,93
38,0	0,105	0,036 4	0,82	0,336	2,85	1,060	4,75	1,92
38,2	0,103	0,035 9	0,81	0,332	2,80	1,040	4,7	1,91
38,4	0,102	0,035 4	0,80	0,329	2,75	1,030	4,65	1,9
38,6	0,101	0,035 0	0,79	0,326	2,70	1,020	4,6	1,87
38,8	0,100	0,034 6	0,78	0,323	2,65	1,010	4,55	1,86
39,0	0,099	0,034 2	0,77	0,320	2,60	1,000	4,5	1,85
39,2	0,098	0,033 8	0,76	0,317	2,56	0,980	4,45	1,83
39,4	0,097	0,033 4	0,75	0,314	2,52	0,970	4,4	1,82
39,6	0,096	0,033 1	0,75	0,311	2,48	0,960	4,35	1,8
39,8	0,095	0,032 8	0,74	0,308	2,44	0,950	4,3	1,79
40,0	0,094	0,032 5	0,73	0,305	2,40	0,940	4,25	1,78
40,2	0,092	0,032 2	0,72	0,302	2,37	0,930	4,2	1,76
40,4	0,091	0,031 9	0,71	0,299	2,35	0,920	4,15	1,75
40,6	0,090	0,031 6	0,70	0,296	2,32	0,910	4,1	1,74
40,8	0,089	0,031 3	0,69	0,293	2,30	0,900	4,05	1,73
41,0	0,088	0,031 0	0,68	0,290	2,27	0,890	4	1,72
41,2	0,087	0,030 7	0,674	0,287	2,25	0,882	3,95	1,7
41,4	0,086	0,030 4	0,668	0,284	2,22	0,874	3,9	1,68

Tableau A.2 (suite)

Tension V	Capacité admissible μF							
	pour le matériel du Groupe IIC		pour le matériel du Groupe IIB		pour le matériel du Groupe IIA		pour le matériel du Groupe I	
	avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de		avec un coefficient de sécurité de	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
41,6	0,085	0,030 1	0,662	0,281	2,20	0,866	3,85	1,67
41,8	0,084	0,029 9	0,656	0,278	2,17	0,858	3,8	1,66
42,0	0,083	0,029 7	0,650	0,275	2,15	0,850	3,75	1,65
42,2	0,082	0,029 4	0,644	0,272	2,12	0,842	3,72	1,62
42,4	0,081	0,029 2	0,638	0,269	2,10	0,834	3,68	1,61
42,6	0,079	0,028 9	0,632	0,266	2,07	0,826	3,64	1,6
42,8	0,078	0,028 6	0,626	0,264	2,05	0,818	3,6	1,59
43,0	0,077	0,028 4	0,620	0,262	2,02	0,810	3,55	1,58
43,2	0,076	0,028 1	0,614	0,259	2,00	0,802	3,5	1,56
43,4	0,075	0,027 9	0,608	0,257	1,98	0,794	3,45	1,55
43,6	0,074	0,027 6	0,602	0,254	1,96	0,786	3,4	1,54
43,8	0,073	0,027 3	0,596	0,252	1,94	0,778	3,35	1,53
44,0	0,072	0,027 1	0,590	0,25	1,92	0,770	3,3	1,52
44,2	0,071	0,026 8	0,584	0,248	1,90	0,762	3,25	1,5
44,4	0,070	0,026 6	0,578	0,246	1,88	0,754	3,2	1,48
44,6	0,069	0,026 3	0,572	0,244	1,86	0,746	3,15	1,47
44,8	0,068	0,026 1	0,566	0,242	1,84	0,738	3,1	1,46
45,0	0,067	0,025 9	0,560	0,240	1,82	0,730	3,05	1,45
45,2	0,066	0,025 7	0,554	0,238	1,80	0,722	3	1,42
45,4	0,065	0,025 4	0,548	0,236	1,78	0,714	2,98	1,41
45,6	0,064	0,025 1	0,542	0,234	1,76	0,706	2,96	1,4
45,8	0,063	0,024 9	0,536	0,232	1,74	0,698	2,94	1,39
46,0	0,062 3	0,024 7	0,530	0,230	1,72	0,690	2,92	1,38
46,2	0,061 6	0,024 4	0,524	0,228	1,70	0,682	2,9	1,36
46,4	0,060 9	0,024 2	0,518	0,226	1,68	0,674	2,88	1,35
46,6	0,060 2	0,023 9	0,512	0,224	1,67	0,666	2,86	1,34
46,8	0,059 6	0,023 7	0,506	0,222	1,65	0,658	2,84	1,33
47,0	0,059 0	0,023 5	0,500	0,220	1,63	0,650	2,82	1,32
47,2	0,058 4	0,023 2	0,495	0,218	1,61	0,644	2,8	1,3
47,4	0,057 8	0,022 9	0,490	0,216	1,60	0,638	2,78	1,28
47,6	0,057 2	0,022 7	0,485	0,214	1,59	0,632	2,76	1,27
47,8	0,056 6	0,022 5	0,480	0,212	1,57	0,626	2,74	1,26
48,0	0,056 0	0,022 3	0,475	0,210	1,56	0,620	2,72	1,25
48,2	0,055 4	0,022 0	0,470	0,208	1,54	0,614	2,7	1,22
48,4	0,054 8	0,021 8	0,465	0,206	1,53	0,609	2,68	1,21
48,6	0,054 2	0,021 5	0,460	0,205	1,52	0,604	2,66	1,2
48,8	0,053 6	0,021 3	0,455	0,203	1,50	0,599	2,64	1,19
49,0	0,053 0	0,021 1	0,450	0,201	1,49	0,594	2,62	1,18
49,2	0,052 4	0,020 8	0,445	0,198	1,48	0,589	2,6	1,16
49,4	0,051 8	0,020 6	0,440	0,197	1,46	0,584	2,56	1,15
49,6	0,051 2	0,020 4	0,435	0,196	1,45	0,579	2,52	1,14
49,8	0,050 6	0,020 2	0,430	0,194	1,44	0,574	2,46	1,13
50,0	0,050 0	0,020 0	0,425	0,193	1,43	0,570	2,46	1,12
50,5	0,049 0	0,019 4	0,420	0,190	1,40	0,558	2,43	1,1
51,0	0,048 0	0,019 0	0,415	0,187	1,37	0,547	2,4	1,08
51,5	0,047 0	0,018 6	0,407	0,184	1,34	0,535	2,3	1,02
52,0	0,046 0	0,018 3	0,400	0,181	1,31	0,524	2,25	1
52,5	0,045 0	0,017 8	0,392	0,178	1,28	0,512	2,2	0,99
53,0	0,044 0	0,017 4	0,385	0,175	1,25	0,501	2,2	0,97
53,5	0,043 0	0,017 0	0,380	0,172	1,22	0,490	2,2	0,96
54,0	0,042 0	0,016 8	0,375	0,170	1,20	0,479	2,15	0,95
54,5	0,041 0	0,016 6	0,367	0,168	1,18	0,468	2,15	0,94
55,0	0,040 0	0,016 5	0,360	0,166	1,16	0,457	2	0,94

A.4 Réduction admissible de la capacité effective en présence d'une résistance série de protection

Lorsqu'une résistance est utilisée avec une capacité pour limiter l'énergie qui peut être déchargée à partir de l'ensemble des deux (énergie entre les nœuds A et B dans la Figure A.9 ci-dessous), l'évaluation de la capacité effective entre ces deux nœuds peut être simplifiée en utilisant le Tableau A.3. Autrement, si le tableau n'est pas appliqué, le circuit peut être soumis à essai.

La résistance doit être conforme au 7.1 et le nœud X doit être séparé de toutes les autres parties conductrices conformément à 6.3.

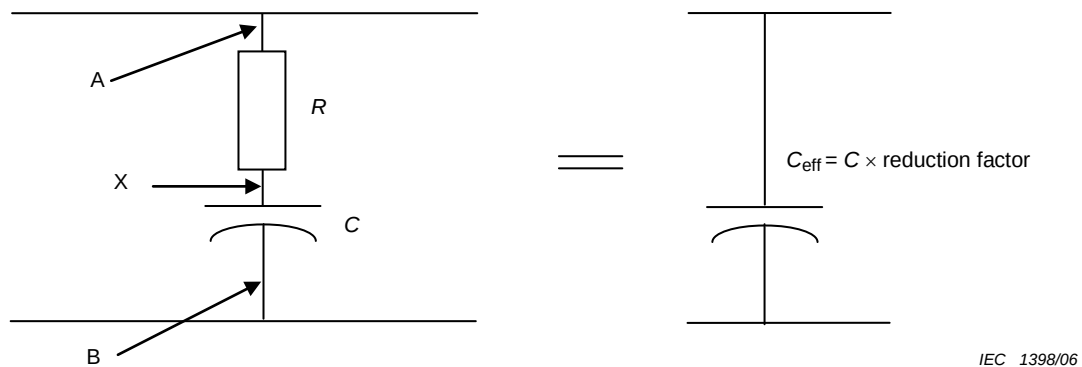


Figure A.9 – Capacité équivalente

Tableau A.3 – Réduction admissible de la capacité effective en présence d'une résistance série de protection

Résistance R Ω	Facteur de réduction
0	1,00
1	0,97
2	0,94
3	0,91
4	0,87
5	0,85
6	0,83
7	0,80
8	0,79
9	0,77
10	0,74
12	0,70
14	0,66
16	0,63
18	0,61
20	0,57
25	0,54
30	0,49
40	0,41

NOTE Les réductions spécifiées dans le tableau ci-dessus sont conservatrices et d'autres réductions peuvent être réalisées par des essais.

Annexe B (normative)

Éclateur pour l'essai des circuits de sécurité intrinsèque

B.1 Méthodes pour l'essai d'inflammation à l'éclateur

B.1.1 Principe

Le circuit en essai est relié aux contacts de l'éclateur qui se trouvent dans une chambre d'explosion remplie du mélange d'essai explosif.

Les paramètres du circuit sont ajustés afin d'obtenir le coefficient de sécurité exigé et on fait un essai pour déterminer si l'inflammation du mélange d'essai explosif se produit ou non durant un nombre donné d'opérations du mécanisme de contact.

Sauf spécification contraire, la tolérance sur les dimensions mécaniques des parties de l'appareil est $\pm 2\%$ (longueur du fil de tungstène $\pm 10\%$) et elle est de $\pm 1\%$ pour les tensions et le courant.

B.1.2 Appareillage d'essai

L'éclateur doit consister en un mécanisme de contacts placé dans une chambre d'explosion ayant un volume d'au moins 250 cm³. Il est conçu pour produire des étincelles d'ouverture et de fermeture dans le mélange d'essai explosif exigé.

NOTE 1 Un exemple de réalisation pratique de l'éclateur est donné à la Figure B.4. (Pour les détails du mécanisme de contact, voir Figures B.1, B.2 et B.3.)

L'une des deux électrodes doit être un disque de contact rotatif en cadmium ayant deux rainures, comme illustré à la Figure B.2.

NOTE 2 Le cadmium pour revêtement électrolytique peut être utilisé pour le moulage de disques de contact.

L'autre électrode est constituée de quatre fils de tungstène de $0,2 \pm 0,02$ mm de diamètre maintenus sur un cercle de 50 mm de diamètre par un porte fils (en laiton ou autre matériau convenable comme illustré à la Figure B.3).

NOTE 3 Il est préférable d'arrondir légèrement les angles du porte-fils aux points de maintien des fils afin d'éviter la rupture prématurée de ces derniers à l'endroit d'une arête vive.

Le mécanisme de contact doit être monté comme l'indique la Figure B.1. Le porte fils tourne de telle manière que les fils de tungstène frottent le disque de cadmium rainuré. La distance entre le porte fils et le disque de cadmium est de 10 mm. La longueur libre des fils de tungstène est de 11 mm. Les fils de tungstène sont droits et placés de façon à être perpendiculaires à la surface du disque de cadmium lorsqu'ils ne sont pas en contact avec ce dernier.

Les axes des arbres entraînant le disque de cadmium et le porte-fils sont écartés de 31 mm et électriquement isolés l'un de l'autre ainsi que du socle de l'appareil. Le courant est amené par des contacts glissants sur les arbres qui sont eux-mêmes engrenés par des pignons isolants dans un rapport de 50:12.

Le porte fils est entraîné par un moteur électrique ayant un réducteur approprié si nécessaire, à 80 r/min. Le disque de cadmium est entraîné plus lentement en sens opposé.

NOTE 4 Il est nécessaire d'utiliser des paliers étanches pour la traversée du socle, à moins d'employer un système à circulation de gaz.

Un compteur est utilisé pour enregistrer le nombre de tours de l'axe du porte fils entraîné par le moteur, ou bien on peut utiliser un chronomètre pour déterminer la durée de l'essai, à partir de laquelle on peut calculer le nombre de tours de l'axe du porte-électrode.

NOTE 5 Il est utile d'arrêter automatiquement le moteur, ou au moins le dispositif de comptage, après une inflammation du mélange explosif, par exemple au moyen d'une cellule photosensible ou d'un interrupteur sensible à la pression.

La chambre d'explosion doit pouvoir résister à une pression d'explosion d'au moins 1 500 kPa (15 bars) à moins que des dispositions ne soient prises pour libérer la pression d'explosion.

Aux bornes du mécanisme de contact, la capacité de l'appareillage d'essai ne doit pas dépasser 30 pF lorsque les contacts sont ouverts. La résistance ne doit pas dépasser 0,15 Ω sous un courant continu de 1 A. et l'inductance ne doit pas dépasser 3 μ H lorsque les contacts sont fermés.

B.1.3 Étalonnage de l'éclateur

La sensibilité de l'éclateur doit être vérifiée avant et après chaque série d'essais, conformément à 10.1.3.

Lorsque la sensibilité n'est pas celle qui est spécifiée, la procédure suivante doit être suivie jusqu'à ce que la sensibilité requise soit obtenue:

- a) vérifier les paramètres du circuit d'étalonnage;
- b) vérifier la composition du mélange d'essai explosif;
- c) nettoyer les fils de tungstène;
- d) remplacer les fils de tungstène;
- e) relier les bornes de l'éclateur à un circuit de 95 mH/24 V/100 mA, comme exigé en 10.1.3 et faire tourner l'éclateur avec les contacts dans l'air pendant un minimum de 20 000 tours du porte-fils;
- f) remplacer le disque de cadmium et étalonner l'éclateur selon 10.1.3.

B.1.4 Préparation et nettoyage des fils de tungstène

Le tungstène est un matériau très fragile et les fils de tungstène ont souvent tendance à se fendre aux extrémités après une assez courte période de fonctionnement.

Pour résoudre ce problème, l'une des procédures suivantes doit être suivie.

- a) Couper les extrémités des fils de tungstène par fusion à l'aide d'un appareillage simple tel que celui décrit à la Figure B.5. Il se forme sur chaque fil une petite sphère qui doit être éliminée, par exemple en la pressant légèrement dans des pinces.
Avec cette préparation, l'expérience a montré que, en moyenne, l'un des quatre fils de contact doit être changé seulement après 50 000 étincelles environ.
- b) Couper les fils de tungstène par cisaillement, par exemple en utilisant des ciseaux forts en bon état.

Les fils sont alors montés sur le porte-électrodes et nettoyés manuellement par frottement de la surface, y compris l'extrémité du fil, avec du papier abrasif de grade 0 ou équivalent.

NOTE 1 Il est préférable de retirer le porte-électrodes de l'éclateur pour le nettoyage des fils.

NOTE 2 Les exigences pour les grains du papier abrasif de grade 0 déterminées par tamisage sont les suivantes:

Exigences	Maille du tamis (μm)
Tous les grains passent.	106
Pas plus de 24 % sont retenus.	75
Au moins 40 % sont retenus.	53
Pas plus de 10 % passent	45

L'expérience a montré que, pour stabiliser la sensibilité pendant l'utilisation, il est préférable de nettoyer et de redresser les fils à des intervalles réguliers. L'intervalle choisi dépend de la vitesse à laquelle les dépôts se forment sur les fils. Cette vitesse dépend du circuit en essai. Un fil doit être remplacé lorsque l'extrémité du fil est brisée ou si le fil ne peut pas être redressé.

B.1.5 Conditionnement d'un disque de cadmium neuf

La procédure suivante est recommandée pour conditionner un disque de cadmium neuf afin de stabiliser la sensibilité de l'éclateur:

- placer le disque neuf dans l'éclateur;
- relier les bornes de l'éclateur à un circuit de 95 mH/24 V/100 mA, comme exigé en 10.1.3 et faire tourner l'éclateur avec les contacts dans l'air pendant un minimum de 20 000 tours du porte-fils;
- placer des fils de tungstène neufs, préparés et nettoyés selon B.1.4, et relier les bornes de l'éclateur à un condensateur non électrolytique de 2 μF chargé à travers une résistance de 2 k Ω ;
- en utilisant le mélange explosif d'essai du Groupe IIA (ou du Groupe I) conformément à 10.1.3.1, appliquer 70 V (ou 95 V pour le Groupe I) au circuit capacitif et faire fonctionner l'éclateur pour un minimum de 400 tours du support d'électrode ou jusqu'à ce que l'inflammation se produise. Si l'inflammation ne se produit pas, vérifier le mélange de gaz, remplacer les fils, ou contrôler l'éclateur. Quand l'inflammation se produit, réduire la tension par pas de 5 V et recommencer. Répéter jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'inflammation;
- la tension à laquelle l'inflammation doit avoir lieu est 45 V pour le Groupe IIA (55 V pour le Groupe I) et la tension à laquelle il n'y a pas d'inflammation doit être de 40 V pour le groupe IIA (50 V pour le Groupe I).

B.1.6 Limites d'emploi de l'éclateur

L'éclateur est conçu pour des essais des circuits de sécurité intrinsèque à l'intérieur des limites suivantes:

- un courant d'essai ne dépasse pas 3 A;
- pour les circuits résistifs et capacitifs où la tension de service ne dépasse pas 300 V;
- pour les circuits inductifs où l'inductance ne dépasse pas 1 H;
- pour des circuits jusqu'à 1,5 MHz.

NOTE 1 L'éclateur peut être appliqué avec succès sur des circuits dépassant ces limites mais il a été mis en évidence que des variations de sensibilité peuvent se produire.

NOTE 2 Si le courant d'essai dépasse 3 A, l'échauffement des fils de tungstène peut provoquer des causes supplémentaires d'inflammation invalidant l'essai.

NOTE 3 Pour les circuits inductifs, il convient de prendre des précautions pour que la self-inductance et les constantes de temps du circuit ne perturbent pas les résultats.

NOTE 4 Les circuits inductifs et capacitifs à fortes constantes de temps peuvent être soumis à essai, par exemple en réduisant la vitesse d'entraînement de l'éclateur. Les circuits capacitifs peuvent être soumis à essai en enlevant deux ou trois fils de tungstène. On attire cependant l'attention sur le fait que la réduction de la vitesse de l'éclateur peut changer sa sensibilité.

L'éclateur ne doit pas convenir pour l'essai de circuits qui coupent le courant ou réduisent les valeurs électriques à la suite d'un établissement ou d'une coupure de contact dans l'éclateur pendant le nombre requis de tours. De tels circuits en essai doivent délivrer les conditions de sortie les plus défavorables pendant toute la durée de l'essai.

NOTE 5 Pour l'essai de tels circuits, des informations supplémentaires sont fournies dans l'Annexe E et dans l'Annexe H.

B.1.7 Modifications de l'éclateur pour l'utilisation à forts courants

Des courants d'essai de 3 A à 10 A peuvent être utilisés dans l'éclateur si ce dernier est modifié comme suit.

Les fils de tungstène sont remplacés par des fils ayant un diamètre augmenté de 0,2 mm jusqu'à $(0,4 \pm 0,03)$ mm et la longueur libre est réduite à 10,5 mm.

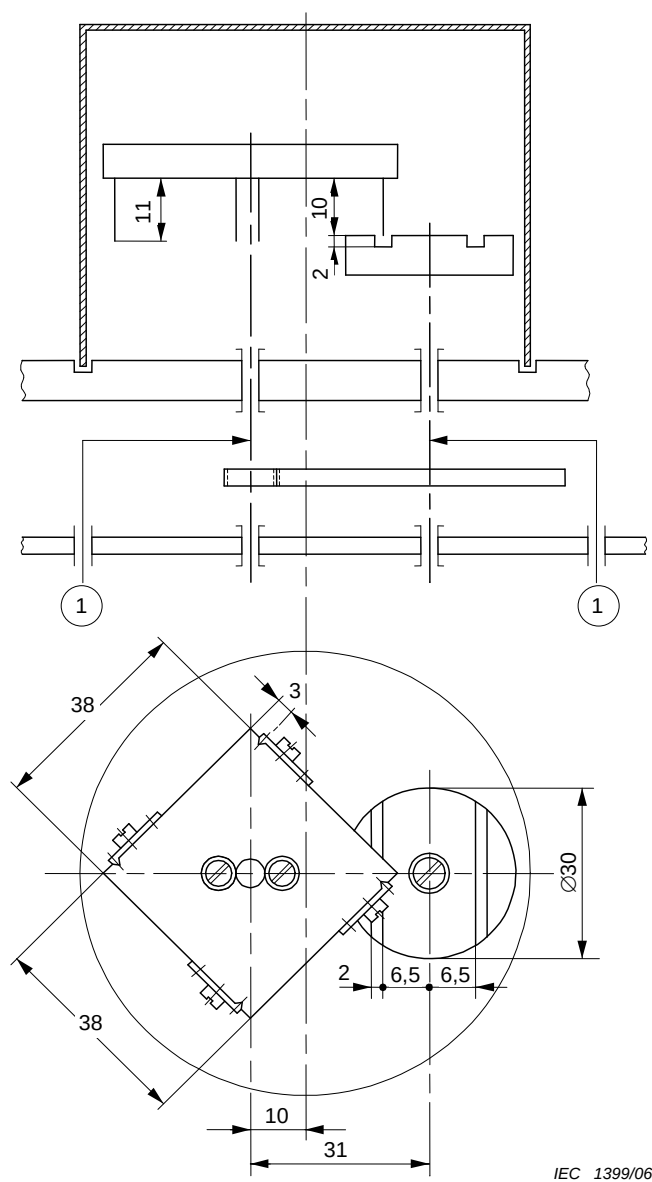
NOTE 1 La réduction de la longueur libre réduit l'usure du disque de cadmium.

La résistance totale de l'appareil en y incluant la résistance de contact de commutation doit être réduite à moins de 100 mΩ ou le circuit en essai doit être modifié pour compenser la résistance interne de l'éclateur.

NOTE 2 Des balais du type utilisé dans l'industrie automobile avec des manchons en bronze sur l'arbre de l'appareil afin d'améliorer le contact constituent une bonne solution pratique pour réduire la résistance de contact.

L'inductance totale de l'éclateur et l'inductance de l'interconnexion du circuit en essai doit être minimisée. Une valeur maximale de 1 μH doit être atteinte.

L'appareil peut être utilisé pour des courants plus élevés mais des précautions particulières doivent être prises dans l'interprétation des résultats.

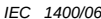


Légende

1 Vers la borne de liaison au circuit en essai

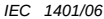
Dimensions en millimètres

Figure B.1 – Éclateur pour circuits de sécurité intrinsèque



Dimensions en millimètres

Figure B.2 – Disque de contact en cadmium

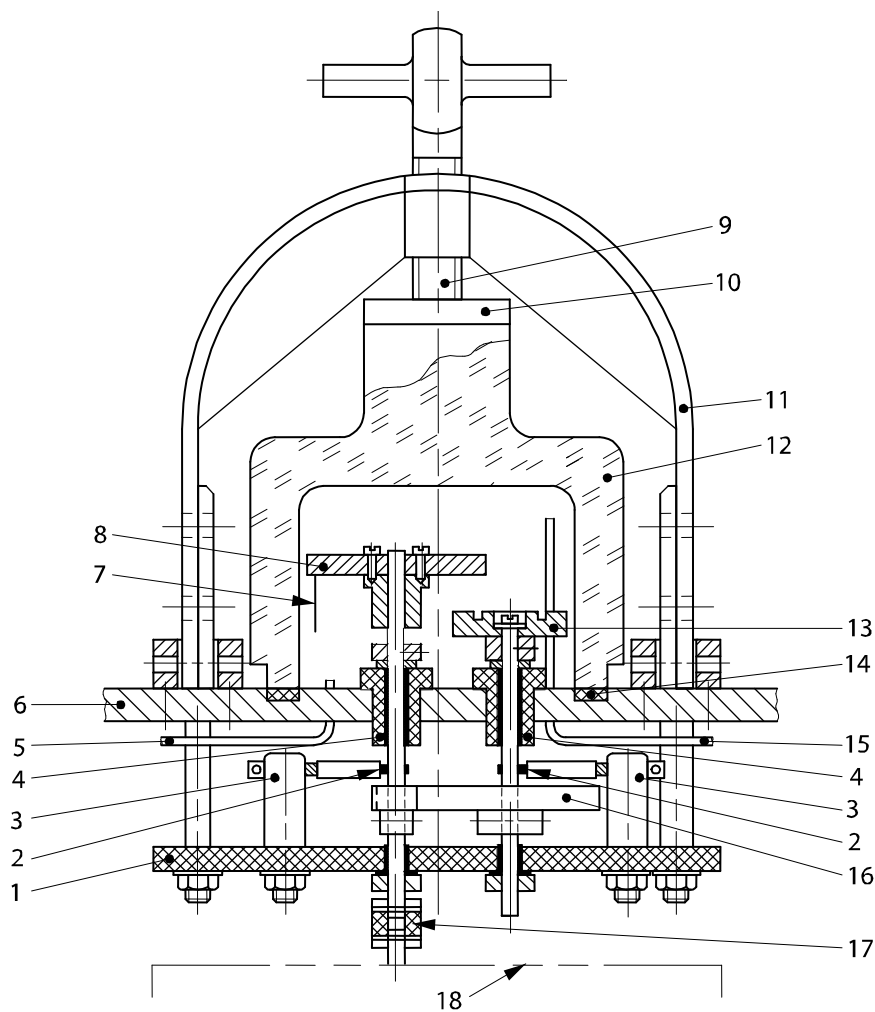


Légende

1 Détail X, échelle 10:1

Dimensions en millimètres

Figure B.3 – Porte fils

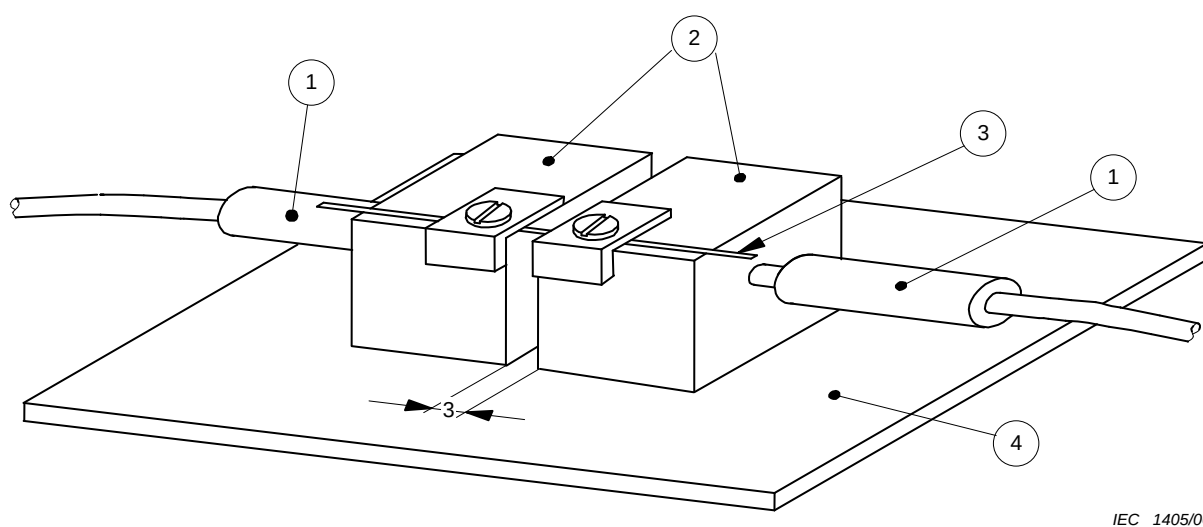


IEC 1402/06

Légende

- | | |
|----------------------|---|
| 1 Plaque isolante | 10 Plaque de serrage |
| 2 Arrivée de courant | 11 Étrier de fixation |
| 3 Support isolant | 12 Cloche |
| 4 Palier isolé | 13 Disque de contact en cadmium |
| 5 Sortie de gaz | 14 Joint en caoutchouc |
| 6 Socle de base | 15 Entrée de gaz |
| 7 Fil de contact | 16 Engrenage 50:12 |
| 8 Support de fil | 17 Accouplement isolant |
| 9 Vis de serrage | 18 Moteur d'entraînement avec réducteurs à 80 r/min |

Figure B.4 – Exemple de réalisation pratique de l'éclateur



IEC 1405/06

Légende

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1 Amenée de courant | 3 Fil de tungstène |
| 2 Bloc de cuivre | 4 Plaque isolante |

NOTE Enlever la perte de fusion aux extrémités des fils au moyen d'une pince.

Figure B.5 – Dispositif de préparation des fils de tungstène par fusion

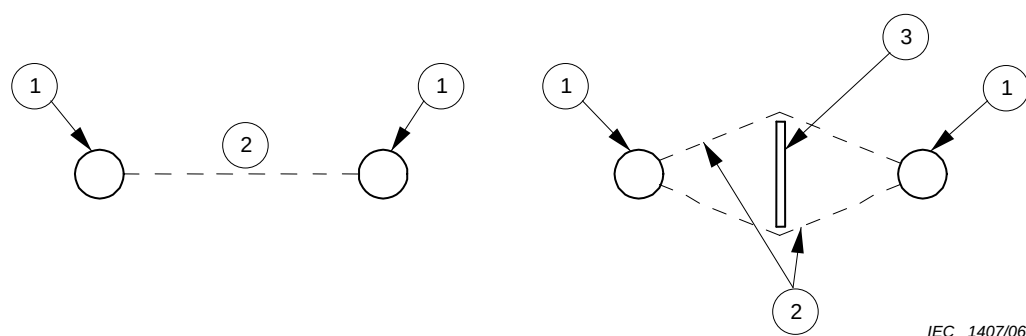
Annexe C (informative)

Mesure des lignes de fuite, distances dans l'air et distances de séparation au travers d'un compound de moulage ou d'un isolant solide

C.1 Distances dans l'air et distances de séparation au travers d'un compound de moulage ou d'une isolation solide

Il convient que la tension à utiliser soit déterminée conformément à 6.3.3.

La distance dans l'air est considérée comme la plus courte distance dans l'air entre deux parties conductrices et, lorsqu'il y a une partie isolante, par exemple une barrière, entre les parties conductrices, la distance est mesurée le long du chemin que suivrait un fil tendu, comme on peut le voir à la Figure C.1.



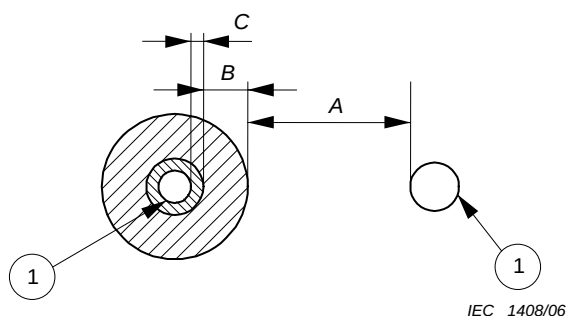
Légende

- 1 Conducteur
- 2 Distance dans l'air
- 3 Barrière

Figure C.1 – Mesure de la distance dans l'air

Lorsque la distance entre les parties conductrices est partiellement la distance dans l'air et partiellement la distance au travers d'un compound de moulage et/ou d'un isolant solide, la distance dans l'air équivalente ou la distance de séparation équivalente au travers d'un compound de moulage est calculée de la façon suivante. La valeur peut alors être comparée avec la valeur de la ligne correspondante du Tableau 5.

Dans la Figure C.2, soit *A* la distance dans l'air, *B* la distance de séparation au travers du compound de moulage et *C* la distance de séparation au travers de l'isolation solide.



Légende

1 Conducteur

Figure C.2 – Mesure des distances composites

Si A est plus petite que la valeur applicable du Tableau 5, l'un des tableaux suivants peut être utilisé. Pour les besoins de ces calculs, il convient de ne pas prendre en compte toute distance dans l'air ou séparation qui est inférieure à un tiers de la valeur appropriée définie dans le Tableau 5.

Les résultats de ces calculs sont à ajouter et à comparer à la valeur correspondante du Tableau 5.

Pour utiliser la ligne 2 du Tableau 5, multiplier les valeurs mesurées par les coefficients suivants:

Différence de tension	$U < 10 \text{ V}$	$10 \text{ V} \leq U < 30 \text{ V}$	$U \geq 30 \text{ V}$
A	1	1	1
B	3	3	3
C	3	4	6

Pour utiliser la ligne 3 du Tableau 5, multiplier les valeurs mesurées par les coefficients suivants:

Différence de tension	$U < 10 \text{ V}$	$10 \text{ V} \leq U < 30 \text{ V}$	$U \geq 30 \text{ V}$
A	0,33	0,33	0,33
B	1	1	1
C	1	1,33	2

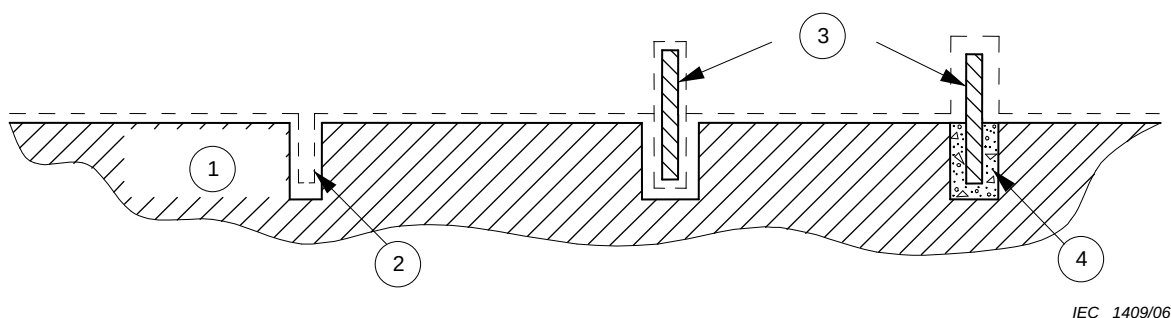
Pour utiliser la ligne 4 du Tableau 5, multiplier les valeurs mesurées par les coefficients suivants:

Différence de tension	$U < 10 \text{ V}$	$10 \text{ V} \leq U < 30 \text{ V}$	$U \geq 30 \text{ V}$
A	0,33	0,25	0,17
B	1	0,75	0,5
C	1	1	1

C.2 Lignes de fuite

Il convient de déterminer la tension à considérer comme cela est défini en 6.3.3.

Les lignes de fuite doivent être mesurées le long de la surface de l'isolation et sont, de ce fait, mesurées comme indiqué par le schéma suivant.



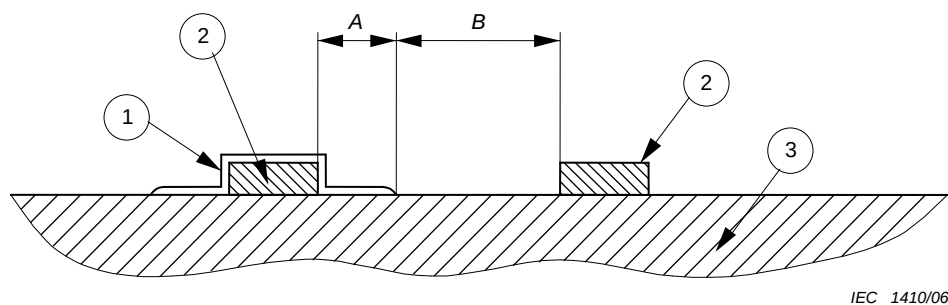
Légende

- | | |
|------------|------------|
| 1 Substrat | 3 Barrière |
| 2 Encoche | 4 Collage |

Figure C.3 – Mesure de la ligne de fuite

Les mesures suivantes doivent être faites comme montrés sur la Figure C.3:

- la ligne de fuite devrait être mesurée en suivant toute encoche sur la surface, si celle-ci a une largeur de 3 mm au moins;
- lorsqu'une cloison ou une barrière isolante conforme à 6.3.2 est insérée mais non collée, la ligne de fuite devrait être mesurée au-dessus ou au-dessous de la cloison, selon ce qui conduit à la plus faible valeur;
- si la cloison décrite en b) est collée, la ligne de fuite devrait toujours être mesurée au-dessus de la cloison.



IEC 1410/06

Légende

- 1 Vernis
- 2 Conducteur
- 3 Substrat

Figure C.4 – Mesure d'une ligne de fuite composite

Lorsque du vernis est utilisé pour diminuer les lignes de fuite exigées, et qu'une partie seulement de la ligne est vernie comme le montre la Figure C.4, la distance totale effective est comparée aux lignes 5 ou 6 du Tableau 5 en effectuant le calcul suivant: pour comparer à la colonne 5 du Tableau 5, multiplier B par 1 et A par 3; pour comparer à la colonne 6 du Tableau 5, multiplier B par 0,33 et A par 1; Additionner les résultats.

Annexe D **(normative)**

Encapsulage

D.1 Adhérence

Un scellement doit être maintenu sur toute partie du circuit qui émerge de l'encapsulage et, donc, le compound doit adhérer à ces interfaces.

L'exclusion des exigences relatives aux lignes de fuite pour les composants encapsulés avec un compound de moulage repose sur l'absence de probabilité de contamination. La mesure de l'IRC est, en effet, une mesure du degré de contamination nécessaire pour provoquer une rupture de la séparation entre des parties conductrices. Ces considérations de base amènent aux corollaires suivants:

- si tous les circuits et substrats sont totalement enfermés, à savoir si rien n'émerge de l'encapsulage, aucun risque de contamination n'existe et, de ce fait, aucun claquage ne peut se produire par suite de contamination;
- si un élément d'un circuit, par exemple un conducteur nu ou isolé, ou un composant, ou le support de base d'une carte imprimée, émerge de l'encapsulage, dans ce cas, à moins que le compound de moulage n'adhère à l'interface, la contamination peut pénétrer jusqu'à cette interface et provoquer le claquage.

D.2 Température

Il est recommandé que le compound de moulage ait une température assignée conforme à 6.6.

NOTE 1 Tous les compound de moulage ont une température maximale au-dessus de laquelle leurs propriétés spécifiées peuvent changer ou disparaître. De telles modifications peuvent occasionner la formation de craquelures ou une décomposition qui pourraient mettre des surfaces plus chaudes que la surface extérieure du compound de moulage en contact avec une atmosphère explosive.

NOTE 2 Il convient de noter que les composants qui sont encapsulés peuvent être plus chauds ou plus froids qu'ils ne le seraient à l'air libre, en fonction de la conductivité thermique du compound de moulage.

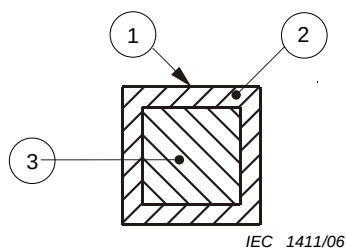


Figure D.1a – Pas d'enveloppe

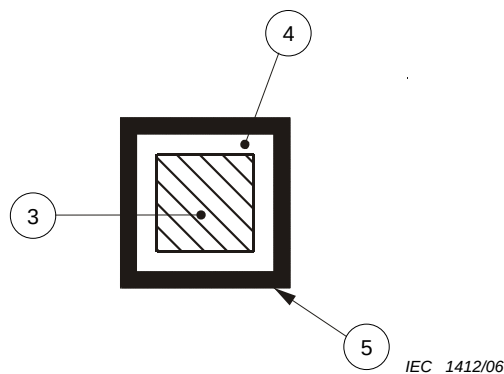


Figure D.1b – Enveloppe complète

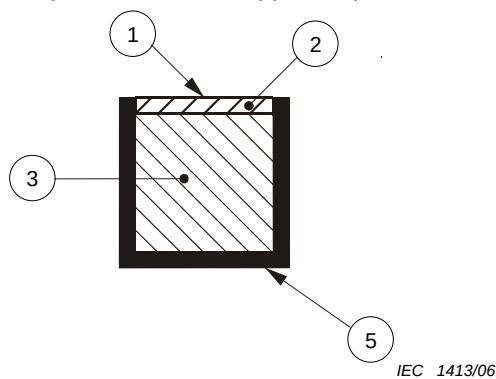


Figure D.1c – Enveloppe ouverte

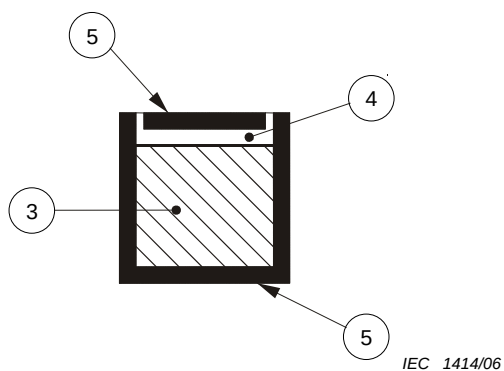
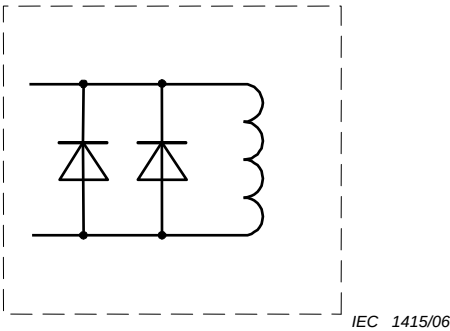


Figure D.1d – Enveloppe couverte

Légende

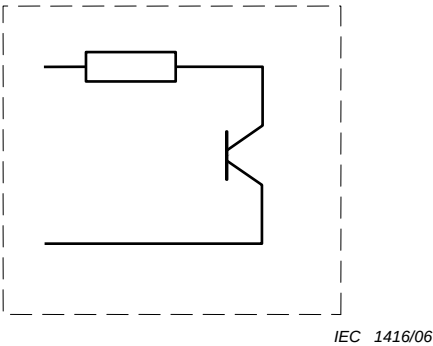
- 1 Surface libre
- 2 Encapsulage – $\frac{1}{2}$ de la colonne 3 du Tableau 5 avec un minimum de 1,00 mm
- 3 Composant – l'encapsulage n'a pas besoin de pénétrer
- 4 Encapsulage – épaisseur non spécifiée
- 5 Enveloppe métallique ou isolante
 - pas d'épaisseur minimale spécifiée pour l'enveloppe métallique mais voir 6.1
 - l'épaisseur de l'isolant doit être conforme à la colonne 4 du Tableau 5.

Figure D.1 – Exemple de montages encapsulés conformes à 6.3.5 et 6.6



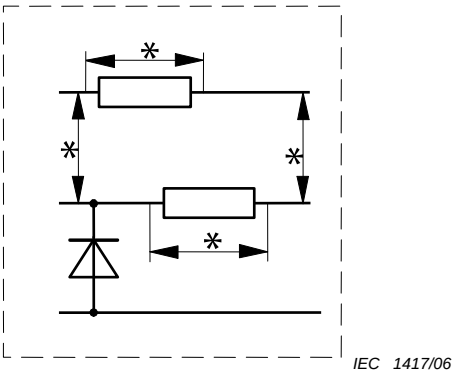
L'épaisseur minimale jusqu'à la surface libre est d'au moins ½ de la valeur indiquée dans la colonne 3 du Tableau 5 avec un minimum de 1 mm

Figure D.2a – Mécanique



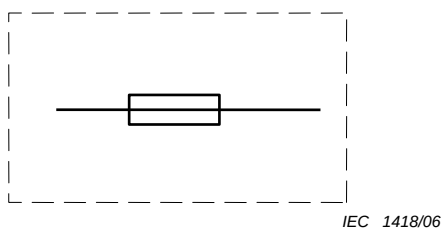
L'épaisseur minimale est déterminée par la température de surface extérieure.

Figure D.2b – Température



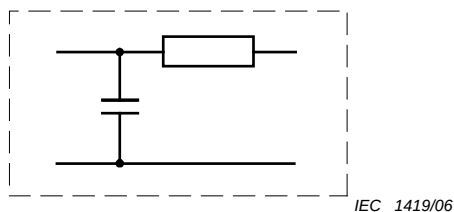
Les distances de séparation marquées sont conformes à la colonne 3 du Tableau 5, Tableau F.1 ou Tableau F.2. L'épaisseur minimale jusqu'à la surface libre est d'au moins 1 mm

Figure D.2c – Séparation de circuits



L'épaisseur minimale jusqu'à la surface libre est d'au moins $\frac{1}{2}$ de la valeur indiquée dans la colonne 3 du Tableau 5 avec un minimum de 1 mm

Figure D.2d – Protection des fusibles dans un circuit de sécurité intrinsèque



L'épaisseur minimale jusqu'à la surface libre est d'au moins $\frac{1}{2}$ de la valeur indiquée dans la colonne 3 du Tableau 5 avec un minimum de 1 mm

Figure D.2e – Exclusion de l'atmosphère

Figure D.2 – Applications d'encapsulage utilisant un compound de moulage sans enveloppe

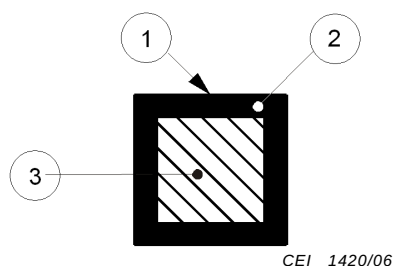


Figure D.3a – Moulage sur des composants non montés

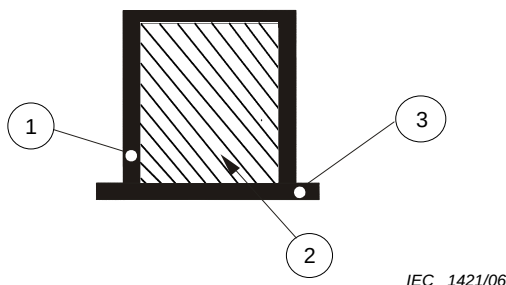


Figure D.3b – Moulage sur des composants montés sur une carte de circuit imprimé

Légende

- 1 Le moulage doit avoir une épaisseur minimale jusqu'à la surface libre d'au moins la valeur indiquée à la colonne 4 du Tableau 5 avec une épaisseur minimale de 0,5 mm
- 2 Composant (par exemple coupe-circuit à fusibles).
- 3 Carte de circuit imprimé avec une épaisseur minimale de 0,5 mm

Figure D.3 – Exemple de montages utilisant le moulage conforme à 6.6

NOTE Par souci de simplicité, les Figures D.1, D.2 et D.3 ne montrent pas les connexions entrantes et sortantes des montages. Ces Figures illustrent par l'exemple les parties qui sont importantes pour le mode de protection.

La Figure D.1 montre quelques exemples de montages utilisant l'encapsulage par compound de moulage. Ceux-ci montrent les différences essentielles entre les distances dans l'air jusqu'à la surface pour un compound de moulage coulé ou des boîtes d'empotage métalliques ou d'isolation solide.

La Figure D.1a ne montre pas d'enveloppe.

La Figure D.1b montre une enveloppe complète.

La Figure D.1c montre une enveloppe ouverte sans couvercle.

La Figure D.1d montre une enveloppe avec un couvercle.

La Figure D.2 montre quelques autres exemples d'encapsulage utilisant un compound de moulage sans enveloppe

La Figure D.2a montre la protection mécanique d'une inductance et ses composants de suppression

La Figure D.2b montre l'application de compound de moulage pour réduire la température de surface

La Figure D.2c montre la séparation de circuits de sécurité intrinsèque.

La Figure D.2d montre la protection de coupe-circuit à fusibles par compound de moulage dans un circuit de sécurité intrinsèque.

La Figure D.2e montre l'application de compound de moulage pour l'exclusion de gaz.

La Figure D.3 montre quelques exemples de montages utilisant l'encapsulage d'isolation solide. Ceux-ci montrent les exigences essentielles en relation avec la construction et les distances dans l'air jusqu'à la surface. La technique d'encapsulage d'isolation solide consiste à mouler le montage comme un seul bloc.

Figure D.3a - montre l'encapsulage d'isolation solide sur un composant non monté, tel qu'un coupe-circuit à fusibles.

La Figure D.3a vise à montrer un dispositif, tel qu'un coupe-circuit à fusibles, qui est moulé sous pression sur tous les six côtés à la fois.

Figure D.3b - montre l'encapsulage d'isolation solide sur un composant tel qu'un coupe-circuit à fusibles monté sur une carte de circuit imprimé.

La Figure D.3.b vise à montrer que même si elle est semblable à la Figure D.3.a le composant tel qu'un coupe-circuit à fusibles est d'abord monté sur une carte de circuit imprimé (élément 4) avant d'être moulé sous pression. Cela s'appelle parfois moulage d'insert.

Annexe E (informative)

Essai d'énergie transitoire

E.1 Principe

Lorsqu'un circuit peut délivrer une tension et un courant transitoires, une tension et un courant plus élevés que les valeurs données à l'Annexe A peuvent être admissibles, sous réserve qu'il puisse être montré que l'énergie transitoire est limitée aux valeurs spécifiées en 10.1.5.3. Par exemple quand une alimentation qui utilise un commutateur de limitation de courant à semi-conducteurs détecte un courant élevé et se coupe, mais permet qu'un bref transitoire soit communiqué à la charge. Un autre exemple est le cas d'un circuit de détection qui déclenche un thyristor connecté dans un shunt à travers une charge, mais où la haute tension peut être brièvement présente dans la charge avant que le thyristor s'allume.

Il convient de soumettre à essai le circuit en essai avec les défauts applicables selon 5.1 qui donnent les énergies les plus sévères dans les conditions décrites par cet article.

NOTE La situation du pire cas peut ne pas apparaître à la tension maximale. Il convient d'évaluer des tensions plus basses.

Le principe de cet essai est de mesurer l'énergie pour la durée pendant laquelle la tension et le courant dépassent les valeurs données dans l'Annexe A ou les valeurs connues pour être non incendiaires lors de l'essai avec l'éclateur comme indiqué en 10.1.

E.2 Essai

L'énergie qui peut être délivrée à l'atmosphère explosive est mesurée avec l'intégrale de la puissance par rapport au temps, pendant la durée pour laquelle la tension et le courant excèdent les valeurs données dans l'Annexe A ou les valeurs réputées incapables d'inflammation lors de l'essai avec l'éclateur.

Le circuit est soumis à essai avec l'hypothèse de la charge possible représentant le pire cas, dans les conditions de défaut applicable en accord avec 5.1. Quand le circuit fournit une puissance à un matériel externe (par exemple, quand une alimentation avec un commutateur de limitation de courant à semi-conducteur placé en série délivre à ses bornes de sortie une puissance à d'autres matériels situés dans l'atmosphère explosive), la charge représentant le pire cas peut être toute charge entre les limites du circuit ouvert et du court-circuit.

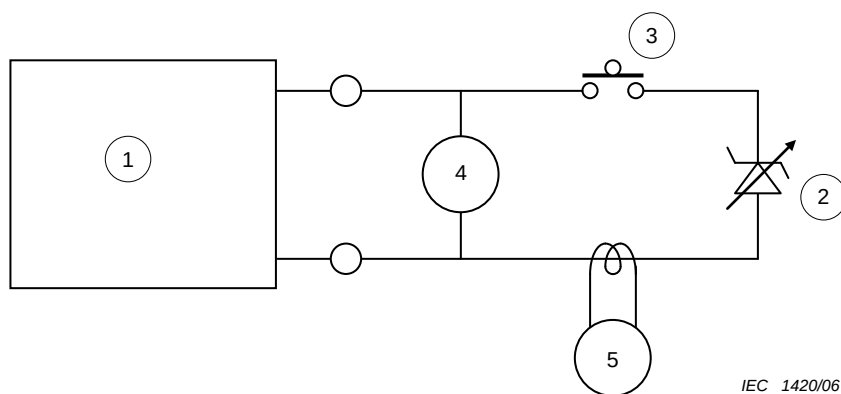
Par exemple, si une alimentation délivre 15 V en circuit ouvert et elle possède un commutateur de limitation de courant en série qui fonctionne quand le courant dépasse 1 A, il est prévisible que le circuit, s'il est connecté à la charge d'une Zener représentant le pire cas à approximativement 14,5 V, donne un bref transitoire avec un courant supérieur à 1 A avant que le commutateur fonctionne. Il convient aussi lors de l'essai de considérer les Zeners de tension plus basse.

Pour le Groupe IIB, le courant maximal admissible à 14,5 V est 3,76 A (selon le Tableau A.1). Cependant, l'essai mesure le produit de la tension et du courant pendant la durée pour laquelle le courant dépasse 3,76 A. Le montage de l'essai ainsi que la tension et le courant attendus enregistrés avec un oscilloscope numérique devraient être comme indiqué aux Figures E.1 et E.2.

Dans ce cas, l'énergie transitoire nécessitera d'être calculée avec la mesure du courant de la Zener (en utilisant une sonde de courant) et la tension aux bornes de la Zener. Une série de valeurs de courant en fonction du temps et pour chaque valeur de Zener peut être mesurée, et l'aire sous la courbe de la tension $\times$ le courant peut être obtenu. L'aire sous la courbe jusqu'à ce que le courant chute à une valeur inférieure réputée ne pas être capable d'inflammation peut alors être obtenue, représentant l'essai d'énergie transitoire.

Dans d'autres cas, la charge la plus sévère peut être une résistance variable. Dans ce cas, un ensemble de valeurs de courant en fonction du temps pour chaque charge résistive entre pratiquement le court-circuit et une valeur de résistance juste inférieure à U_o/I_o , et l'intégrale par rapport au temps de la puissance délivrée à la résistance, peut ainsi être utilisé pour calculer la puissance transitoire fournie. Cette charge peut aussi être un condensateur ou une inductance en fonction des paramètres de sortie spécifiés.

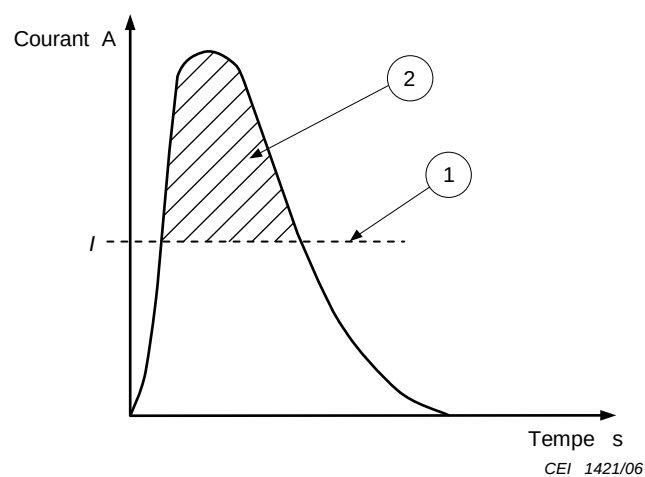
Il convient de prendre des précautions pour que la tension et le courant soient mesurés avec un oscilloscope rapide à mémoire, capable de fournir une base de temps plus rapide que $1\ \mu\text{s}$ par division. Il convient que l'équipement d'essai et ses connexions au circuit en essai minimisent toute variation des mesurandes provoquée par l'introduction de l'équipement d'essai. La sonde de courant et les canaux à haute impédance de mesure de tension sont recommandés. Un contact oscillant à mercure est recommandé car il fournit un mécanisme bilatéral à faible résistance de contact, mais d'autres commutateurs peuvent être utilisés.



Légende

- 1 Circuit en essai
- 2 Charge
- 3 Commutateur à mercure
- 4 Voltmètre à haute impédance
- 5 Sonde de courant

Figure E.1 – Exemple de circuit d'essai

**Légende**

- 1 I est égal au courant maximal admissible par l'essai d'étincelle de l'Annexe A
- 2 Énergie transmise (en joules) = V (en volts) $\times$ aire hachurée de la courbe (en A·s)

Figure E.2 – Exemple de forme d'onde de sortie

Annexe F (normative)

Distances de séparation alternative pour les circuits imprimés assemblés et séparation de composants

F.1 Généralités

La conformité à cette annexe concerne les distances de séparation réduites des parties conductrices par rapport au Tableau 5. Cela est applicable lorsqu'un degré de pollution maximal de 2 affecte les séparations électriques en considération pour des cartes de circuit imprimé, et des composants de séparation, à l'exception des transformateurs, conformes au Tableaux F.1 ou F.2 selon le mode de protection.

NOTE Les exigences générales des distances de séparation des parties conductrices sont données en 6.3 de la présente Norme. Elles sont largement basées sur le degré 3 de pollution (CEI 60664-1). Conceptuellement, une double isolation ou une isolation renforcée basée sur la CEI 60664-1 est considérée comme conforme aussi aux exigences de séparation de sécurité des niveaux de sécurité intrinsèque «ia» et «ib».

Pour des circuits imprimés, des relais et des optocoupleurs pour lesquels soit le degré de pollution 2 est applicable du fait des conditions d'installation soit le logement ou le revêtement apporte une protection contre la pénétration de poussière ou d'humidité, les exigences de cette annexe peuvent proposer des exigences de construction moins contraignantes.

L'application bénéficie de «la coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes à basse tension (CEI 60664-1).

Les données établies dans le Tableau F.1 sont valides pour la catégorie de surtension I/II/III (circuits hors réseau/réseau) et le degré de pollution 2 (pas de condensation en service); elles sont déduites de la CEI 60664-1. Cette méthode alternative utilise largement la coordination de l'isolement.

F.2 Contrôle de l'entrée de la pollution

Lorsque le niveau de pollution des assemblages de circuits imprimés ou des composants de séparation est limité au degré de pollution 2 ou mieux, des distances de séparation réduites sont applicables pour:

- les Niveaux de Protection «ia» et «ib» établis dans le Tableau F.1;
- le Niveau de Protection «ic» établi dans le Tableau F.2.

La réduction du degré de pollution 2 est réalisée par:

- une assignation de protection contre la pénétration protégeant les assemblages de circuits imprimés ou les composants de séparation, adaptée à l'installation requise, avec IP54 au moins conformément à la CEI 60529.

L'enveloppe doit être soumise à toutes les exigences de la CEI 60079-0 applicables aux enveloppes avec au moins IP 54; ou

- l'application d'un revêtement conforme de type 1 ou de type 2 conforme à la CEI 60664-3;
- une installation dans un environnement contrôlé avec une pollution réduite; dans ce cas, la condition requise pour l'installation doit être ajoutée à la documentation fournie par le fabricant, et le symbole «X» doit être ajouté au marquage donné dans la CEI 60079-0.

F.3 Distances pour les circuits imprimés et les composants de séparation

F.3.1 Niveaux de protection «ia» et «ib»

Pour les Niveaux de Protection «ia» et «ib», les distances de séparation en accord avec le Tableau F.1 peuvent être utilisées dans les cas établis dans l'Article F.1, si les circuits sont limités à la catégorie de surtension I/II/III (circuits hors réseau/réseau) telle que définie dans la CEI 60664-1. Cela doit être inclus dans la documentation fournie par le fabricant comme étant une condition d'installation. Le numéro de certificat doit inclure le suffixe «X» conformément aux exigences de marquage de la CEI 60079-0 et les Conditions spécifiques d'utilisation énumérées sur le certificat doivent donner dans le détail les exigences d'installation.

Les distances de séparation qui sont conformes au Tableau F.1 doivent être considérées comme étant infaillibles et elles ne doivent pas être sujettes à un défaut de résistance plus faible. Cependant, quand des redondances de composants sont exigées (par exemple deux condensateurs en série), la distance de séparation inférieure à la pleine valeur mais supérieure ou égale à la moitié de la valeur en accord avec le Tableau F.1 doit être considérée comme un seul défaut compté, aucun autre défaut n'étant considéré.

La distance sous revêtement, la distance dans le compound de moulage et la distance dans l'isolation solide doivent être soumises aux essais de type et individuels comme exigé dans la CEI 60664-1 et la CEI 60664-3, tandis que les distances dans l'air et les lignes de fuites ne nécessitent pas d'essai. Comme les essais de type ne peuvent être effectués qu'avec des circuits à séparation galvanique, il est approprié d'inclure des conducteurs spéciaux dédiés aux essais dans la conception des circuits imprimés pour pouvoir conclure que les procédures de fabrication (revêtement, moulage) sont satisfaisantes.

Les essais de type doivent être effectués dans les conditions ambiantes les plus sévères que rencontre le matériel, par exemple les températures maximale et minimale.

Les séparations composites telles que données en 6.3.7 ne doivent pas être appliquées quand le Tableau F.1 est utilisé.

F.3.2 Niveau de protection «ic»

Pour le Niveau de Protection «ic», des distances de séparation réduites en accord avec le Tableau F.2 peuvent être utilisées si les conditions suivantes sont réalisées.

- Si la tension assignée du matériel ou la tension nominale de toute partie du matériel ne dépasse pas la valeur crête de 60 V, il n'y a pas d'autres exigences pour la distance de séparation qui s'ajoutent aux normes générales de l'industrie. Le matériel ayant une tension assignée dépassant 60 V crête et jusqu'à 375 V crête doit être conforme aux exigences de distance dans l'air et de lignes de fuite du Tableau F.2.
- Des dispositions doivent être prises, soit dans le matériel, soit hors du matériel, pour assurer que les circuits sont limités à la catégorie de surtension II telle que définie dans la CEI 60664-1.

Step #	Description	Column 'x'	Column 'y'	Column 'z'
		$(\log Py - \log Px) \geq (\log Pb - \log Pa)?$ Yes, because $(-2,25181 + 4,20412 = +1,95231) > (-2,72584 + 3,20412 = +0,47828)$ $\frac{(\log Py - \log Px)}{(\log SFy - \log SFx)} \geq \frac{(\log Pz - \log Py)}{(\log SFz - \log SFy)} ?$ Yes, because $\left\{ \frac{(-2,25181 + 4,20412)}{(0,22272 - 0,17609)} = 41,868 \right\} \geq \left\{ \frac{(-0,30103 + 2,25181)}{(0,39794 - 0,22272)} = 11,1333 \right\}$		

Tableau 5 – Distances dans l'air, lignes de fuite et distances de séparation

1	2		3		4		5		6		7
Tension (valeur crête) V	Distance dans l'air mm		Distance au travers d'un compound de moulage mm		Distances de séparation au travers d'une isolation solide mm		Lignes de fuite mm		Distance sous revêtement mm		Indice de résistance au cheminement (IRC) ^{a)}
Mode de protection	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib, ic
10	1,5	0,4	0,5	0,2	0,5	0,2	1,5	1,0	0,5	0,3	-
30	2,0	0,8	0,7	0,2	0,5	0,2	2,0	1,3	0,7	0,3	100
60	3,0	0,8	1,0	0,3	0,5	0,3	3,0	1,9	1,0	0,6	100
90	4,0	0,8	1,3	0,3	0,7	0,3	4,0	2,1	1,3	0,6	100
190	5,0	1,5	1,7	0,6	0,8	0,6	8,0	2,5	2,6	1,1	175
375	6,0	2,5	2,0	0,6	1,0	0,6	10,0	4,0	3,3	1,7	175
550	7,0	4,0	2,4	0,8	1,2	0,8	15,0	6,3	5,0	2,4	175
750	8,0	5,0	2,7	0,9	1,4	0,9	18,0	10,0	6,0	2,9	175
1 000	10,0	7,0	3,3	1,1	1,7	1,1	25,0	12,5	8,3	4,0	175
1 300	14,0	8,0	4,6	1,7	2,3	1,7	36,0	13,0	12,0	5,8	175
1 575	16,0	10,0	5,3		2,7		49,0	15,0	16,3		175
3,3 k		18,0	9,0		4,5			32,0			
4,7 k		22,0	12,0		6,0			50,0			
9,5 k		45,0	20,0		10,0			100,0			
15,6 k		70,0	33,0		16,5			150,0			

^{a)} La preuve de conformité aux exigences d'IRC des matériaux d'isolation doit être par le fabricant. Pour les tensions jusqu'à 10 V, il n'est pas requis de spécifier le IRC des matériaux d'isolation.

Tableau F.1 – Distances dans l'air, lignes de fuite et séparations pour les Niveaux de Protection «ia» et «ib» en présence d'une protection contre la pénétration, et quand des conditions spéciales pour les matériaux et l'installation sont remplies

1	2		3	4	5		6	7
Tension d'isolation assignée CA eff. ou CC NOTE 1 et NOTE 5	Distance dans l'air et ligne de fuite NOTE 2		Distance de séparation dans le compound de moulage	Distance de séparation dans l'isolation solide	distance sous revêtement Revêtement de type 1 NOTE 4		distance sous revêtement Revêtement de type 2 NOTE 4	Indice de résistance au cheminement (IRC) minimal
V	mm		mm	mm	mm		mm	
Catégorie de surtension NOTE 3	III	I / II	I / II / III	I / II / III	III	I / II	I / II / III	
10	0,5	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2	-
50	0,5	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2	100
100	1,5	0,32	0,2	0,2	0,75	0,32	0,2	100
150	3,0	1,3	0,2	0,2	1,5	0,65	0,2	175
300	5,5	3,2	0,2	0,2	2,75	1,6	0,2	175
600	8,0	6,4	0,2	0,2	4,0	3,2	0,2	275

NOTE 1 Les échelons de tension sont basés sur la série R10. La tension réelle de travail peut dépasser la valeur donnée dans le tableau, jusqu'à 10 %.

NOTE 2 Incluant les composants et les pièces sur la carte de circuit imprimé (PCB).

NOTE 3 Catégories de surtension selon la CEI 60664-1.

NOTE 4 Type de revêtement selon la CEI 60664-3.

NOTE 5 Incluant toute crête de tension récurrente, par exemple avec les convertisseurs CC-CC, mais les transitoires peuvent être négligés.

Tableau F.1 – Distances dans l'air, lignes de fuite et séparations pour les Niveaux de Protection «ia» et «ib» en présence d'une protection contre la pénétration, et quand des conditions spéciales pour les matériaux et l'installation sont remplies

1	2		3	4	5		6	7
Tension d'isolation assignée CA eff. ou CC NOTE 1 et NOTE 5	Distance dans l'air et ligne de fuite NOTE 2		Distance de séparation dans le compound de moulage	Distance de séparation dans l'isolation solide	distance sous revêtement Revêtement de type 1 NOTE 4		distance sous revêtement Revêtement de type 2 NOTE 4	Indice de résistance au cheminement (IRC) minimal
V	mm		mm	mm	mm		mm	
Catégorie de surtension NOTE 3	III	I / II	I / II / III	I / II / III	III	I / II	I / II / III	
10	0,5	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2	-
50	0,5	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2	100
100	1,5	0,32	0,2	0,2	0,75	0,32	0,2	100
150	3,0	1,3	0,2	0,2	1,5	0,65	0,2	175
300	5,5	3,2	0,2	0,2	2,75	1,6	0,2	175
600	8,0	6,4	0,2	0,2	4,0	3,2	0,2	275

NOTE 1 Les échelons de tension sont basés sur la série R10. La tension réelle de travail peut dépasser la valeur donnée dans le tableau, jusqu'à 10 %.

NOTE 2 Incluant les composants et les pièces sur la carte de circuit imprimé (PCB).

NOTE 3 Catégories de surtension selon la CEI 60664-1.

NOTE 4 Type de revêtement selon la CEI 60664-3.

NOTE 5 Incluant toute crête de tension récurrente, par exemple avec les convertisseurs CC-CC, mais les transitoires peuvent être négligés.

Tableau F.2 – Distances dans l'air, lignes de fuite et séparations pour le Niveau de Protection «ic» en présence de protection anti-pénétration par enveloppe ou par des conditions spéciales d'installation

1	2	3	4	5	6	7
Tension (valeur crête) V	distance dans l'air mm	Distance au travers d'un compound de moulage mm	Distances de séparation au travers d'une isolation solide mm	Lignes de fuite mm	Distance sous revêtement mm	Indice de résistance au cheminement (IRC)
90	0,4	0,15	0,15	1,25	0,3	100
190	0,5	0,3	0,3	1,5	0,4	175
375	1,25	0,3	0,3	2,5	0,85	175
>375	*	*	*	*	*	*
NOTE 1 Pour les distances marquées «*», aucune valeur n'est actuellement disponible.						
NOTE 2 Il convient que le fabricant apporte la preuve de la conformité des matériaux d'isolation aux exigences d'IRC.						

Annexe G (normative)

Exigences concernant les matériels du Concept de réseau de terrain de sécurité intrinsèque (FISCO)

G.1 Vue d'ensemble

La présente annexe contient les détails de la construction du matériel destiné à être utilisé avec le Concept de réseau de terrain de sécurité intrinsèque (FISCO). Elle est basée sur les concepts de systèmes alimentés par bus à codage Manchester conçus conformément à la CEI 61158-2 qui est la norme de couche physique pour les installations de réseau de terrain.

Les exigences relatives à la construction pour les matériels FISCO sont déterminée par la présente Norme sauf telles que modifiées par la présente annexe. Une partie d'un dispositif de réseau de terrain peut être protégée par l'une quelconque des méthodes de protection contre les explosions énumérées dans la CEI 60079-0, appropriée à l'EPL ou à la Zone d'utilisation prévue. Dans ces circonstances, les exigences de la présente annexe s'appliquent seulement à la partie du matériel qui est directement raccordée à une jonction ou à des dérivations de sécurité intrinsèque.

NOTE 1 La certification par rapport aux exigences FISCO n'empêche pas que le matériel soit également certifié et marqué de manière conventionnelle et puisse ainsi être utilisé dans d'autres systèmes.

NOTE 2 La Figure G.1 montre un système type illustrant les types de matériels FISCO.

G.2 Exigences relatives aux matériels

G.2.1 Généralités

Le matériel doit être construit conformément à la présente Norme, sauf comme modifié par la présente annexe.

La documentation du matériel doit confirmer que chaque matériel est adapté à être utilisé dans un système FISCO en accord avec la CEI 60079-25.

G.2.2 Alimentations FISCO

G.2.2.1 Généralités

L'alimentation doit soit être limitée par résistance, soit avoir une caractéristique de sortie trapézoïdale ou rectangulaire. La tension de sortie maximale U_0 doit se situer dans la plage de 14 V à 17,5 V. dans les conditions spécifiées dans la présente Norme pour le mode de protection respectif.

La capacité C_i et l'inductance L_i internes maximales non protégées ne doivent pas dépasser respectivement 5 nF et 10 μ H,

Le circuit de sortie de l'alimentation peut être raccordé à la terre.

G.2.2.2 Exigences supplémentaires pour les alimentations FISCO de niveau «ia» ou «ib»

Le courant de sortie maximal I_0 pour toute alimentation FISCO de niveau «ia» ou «ib» doit être déterminé conformément à la présente Norme mais ne doit pas dépasser 380 mA. Pour les alimentations rectangulaires, le Tableau G.1 peut être utilisé pour l'évaluation.

Tableau G.1 – Évaluation du courant de sortie maximal utilisable avec les alimentations rectangulaires FISCO de niveau «ia» ou «ib»

U_o V	Courant admissible, pour IIC (comprend le coefficient de sécurité 1,5) mA	Courant admissible, pour IIB (comprend le coefficient de sécurité 1,5) mA
14	183	380
15	133	354
16	103	288
17	81	240
17,5	75	213
NOTE Les deux valeurs les plus élevées du courant pour IIB sont obtenues à partir de 5,32 W		

La puissance de sortie maximale P_o ne doit pas dépasser 5,32 W.

G.2.2.3 Exigences supplémentaires pour les alimentations FISCO de niveau «ic»

Le courant de sortie maximal I_o pour une alimentation FISCO de niveau «ic» doit être déterminé conformément à la présente Norme. Pour les alimentations rectangulaires FISCO de niveau «ic», le Tableau G.2 peut être utilisé pour l'évaluation.

Tableau G.2 – Évaluation du courant de sortie maximal utilisable avec les alimentations rectangulaires FISCO de niveau «ic»

U_o V	Courant admissible, pour IIC mA	Courant admissible, pour IIB mA
14	274	570
15	199	531
16	154	432
17	121	360
17,5	112	319
NOTE La puissance de sortie maximale P_o des alimentations FISCO de niveau «ic» n'est pas limitée.		

G.3 Dispositifs de terrain FISCO

G.3.1 Généralités

Ces exigences s'appliquent aux matériels autres que les alimentations, les dispositifs de terminaison et les matériels simples raccordés au bus de sécurité intrinsèque, qu'ils soient installés à l'intérieur ou à l'extérieur de la zone dangereuse.

Les exigences sont les suivantes:

- les dispositifs de terrain doivent avoir un paramètre de tension d'entrée minimum de U_i : 17,5 V;
- les bornes du bus doivent être isolées de la terre conformément à la présente Norme;
- Les bornes de bus des dispositifs de terrain alimentés séparément doivent être isolées galvaniquement des autres sources de puissance conformément à présente Norme de manière à maintenir ces bornes passives et à éviter la multiplicité des mises à la terre du bus.

- d) la valeur maximale de la capacité interne non protégée C_i de chaque dispositif de terrain ne doit pas dépasser 5 nF. Aucune spécification des paramètres d'entrée et internes n'est requise sur le certificat ou sur l'étiquette.
- e) Dans des conditions normales ou de défaut telles que spécifiées dans la présente Norme, les bornes de bus doivent rester passives, c'est-à-dire que les bornes ne doivent pas être une source d'énergie pour le système, à l'exception d'un courant de fuite ne dépassant pas 50 μ A.
- f) les dispositifs de terrain doivent se voir attribuer un mode de protection et être adaptés au groupe de matériel I, IIC ou III ou à n'importe quelle combinaison de ces groupes.
- g) Les dispositifs de terrain du Groupe IIC destinés à être installés dans la zone dangereuse doivent être classés en température. Les dispositifs du Groupe III destinés à être installés dans la zone dangereuse doivent se voir attribuer une température de surface maximale.

G.3.2 Exigences supplémentaires pour les dispositifs de terrain FISCO de niveau «ia» ou «ib»

- a) Les exigences supplémentaires pour les dispositifs de terrain FISCO de niveau «ia» et «ib» sont les suivantes:
- b) les dispositifs de terrain doivent avoir des paramètres d'entrée minimum de I_i : 380 mA et de P_i : 5,32 W;
- c) les dispositifs de terrain doivent avoir une inductance interne L_i inférieure ou égale à 10 μ H.

G.3.3 Exigence supplémentaire pour les dispositifs de terrain FISCO de niveau «ic»

L'exigence supplémentaire pour les dispositifs de terrain FISCO de niveau «ic» est qu'ils doivent avoir une inductance interne L_i inférieure ou égale à 20 μ H.

G.3.4 Dispositif de terminaison

Les dispositifs de terminaison de ligne requis par le système doivent comprendre une combinaison résistance-condensateur, qui présente à ses bornes un circuit équivalent à une résistance de valeur maximale 90 Ω montée en série avec un condensateur ayant une capacité de valeur maximale 2,2 μ F (y compris les tolérances).

NOTE 1 La CEI 61158-2 spécifie les valeurs de composant nécessaires pour des raisons opérationnelles

- a) Le dispositif de terminaison doit
- b) se voir attribuer un mode de protection
- c) être appropriés pour les matériels des Groupe I, II ou III ou toutes les combinaisons de ces groupes;
 - 1) Les dispositifs du Groupe II destinés à être installés dans la zone dangereuse doivent être appropriés pour le Groupe IIC et doivent se voir attribuer une classe de température
 - 2) Les dispositifs du Groupe III destinés à être installés dans la zone dangereuse doivent se voir attribuer une température de surface maximale.

S'il est jugé que la défaillance du/des composant(s) capacitif(s) à créer un court-circuit est possible, la puissance assignée requise des résistances est de 5,1 W;

- d) avoir un paramètre de tension d'entrée U_i d'au moins 17,5 V;
- e) être isolé de la terre conformément à présente Norme; et
- f) avoir une inductance interne non protégée maximum L_i ne dépassant pas 10 μ H;

NOTE 2 Les dispositifs de terminaison peuvent être incorporés dans des dispositifs de terrain ou dans des alimentations.

NOTE 3 Pour les besoins de l'évaluation de la sécurité, la capacité effective, C_i , du dispositif de terminaison est considérée ne pas altérer la sécurité intrinsèque du système.

G.3.5 Matériel simple

L'exigence relative au matériel simple utilisé dans un système de sécurité intrinsèque est que le matériel soit conforme à la présente Norme. En outre, l'inductance et la capacité totales de chaque matériel simple raccordé à un système FISCO ne doivent pas dépasser respectivement 10 μH et 5 nF.

NOTE Il convient de prendre des précautions lors du classement en température ou de l'attribution d'une température de surface maximale au matériel simple dans un système «ia» ou «ib» car la puissance maximale disponible peut monter à 5,32 W. Le classement en température d'un système «ic» se fait en fonctionnement normal.

G.4 Marquage

Chaque pièce du matériel doit être marquée du mot «FISCO» suivi d'une indication de sa fonction, à savoir alimentation, dispositif de terrain ou dispositif de terminaison. En outre, chaque pièce du matériel doit être marquée conformément à la CEI 60079-11, sauf lorsqu'elle est modifiée par la présente annexe. Par exemple, le nom et l'adresse du fabricant doivent encore être marqués.

Lorsqu'un appareil comporte un marquage double de sorte à pouvoir être utilisé aussi bien dans un système FISCO que dans un système de sécurité intrinsèque conventionnel, un soin particulier doit être apporté à l'établissement d'une distinction entre le marquage FISCO et le marquage pour le système de sécurité intrinsèque conventionnel.

Pour les alimentations FISCO, les paramètres de sortie U_0 , I_0 , C_0 , L_0 , P_0 et L_0/R_0 peuvent ne pas être marqués. Pour les dispositifs de terrain ou les dispositifs de terminaison FISCO, les paramètres d'entrée et internes U_i , I_i , C_i , L_i , P_i et L_i/R_i peuvent ne pas être marqués.

G.4.1 Exemples de marquage

a) Alimentation électrique

Alimentation FISCO

U_m : 250 V

[Ex ia] IIC

John Jones Ltd

SW99 2AJ UK

Type: DRG OOI

- 20 °C $\leq$ Ta $\leq$ +50 °C

PTB Nr 01A 2341

Numéro de série: 014321

b) Dispositif de terrain

Dispositif de terrain FISCO

Ex ia IIC T4

Paul McGregor plc

GL99 1JA UK

Type: RWS 001

-20 °C $\leq$ Ta $\leq$ +60 °C

c) Dispositif de terminaison

Dispositif de terminaison FISCO

Ex ia IIC T4

James Bond plc

MK45 6BY UK

Type MI5 007

BAS 01 A 4321

Numéro de série: 012345

d) Dispositif de terrain à double marquage

A McTavish plc

GL 98 1BA UK

Type RWS 002

$-20\text{ °C} \leq T_a \leq +60\text{ °C}$

INERIS 02 A 2345

Numéro de série: 060128

Dispositif de terrain FISCO

Ex ia IIC T4

Ex ia IIC T6

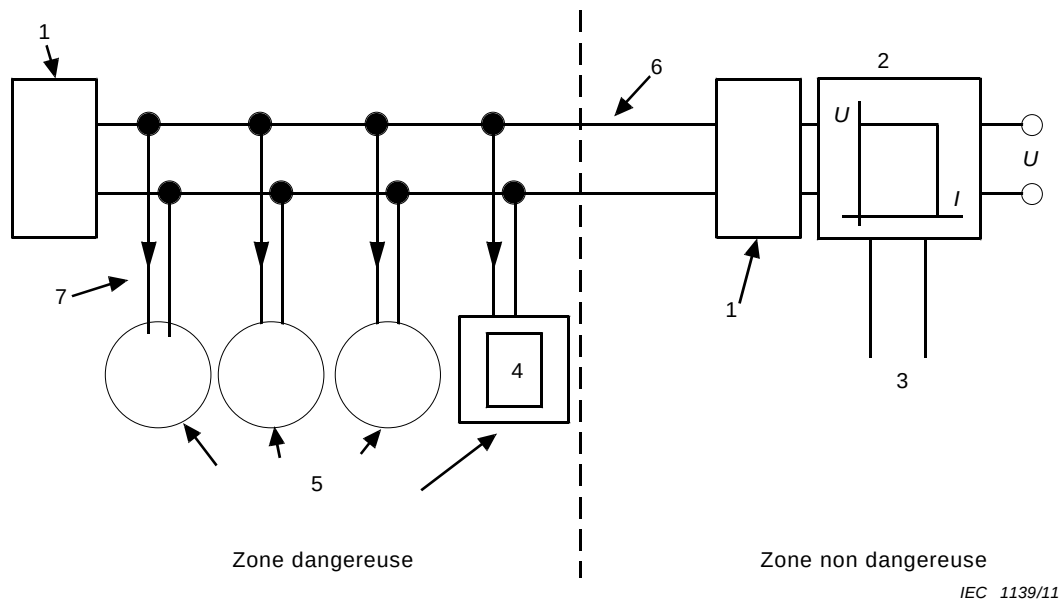
U_i : 28 V

C_i : 3 nF

I_i : 200 mA

L_i : 10 μ H

P_i : 1,2 W



Légende

- | | | | |
|---|---------------------------|---|------------------------|
| 1 | Dispositif de terminaison | 5 | Dispositifs de terrain |
| 2 | Alimentation électrique | 6 | Jonction |
| 3 | Données | 7 | Dérivation |
| 4 | Terminal tenu à la main | | |

Figure G.1 – Système type

Annexe H (informative)

Essai d'inflammation des circuits d'alimentation de limitation de semi-conducteur

H.1 Vue d'ensemble

Les alimentations électriques sont un élément essentiel de tout circuit électrique. Lorsque la puissance est alimentée à des circuits de sécurité intrinsèque placés dans des zones dangereuses, il faut que la sortie de l'alimentation en puissance soit de sécurité intrinsèque.

NOTE 1 Pour les besoins de la présente Annexe, le terme "alimentation" est un terme générique. Il peut s'agir d'un matériel dédié qui fournit de la puissance de sécurité intrinsèque et il peut s'agir également d'un régulateur de courant ou d'un circuit augmentant la tension placé à l'intérieur d'un équipement.

NOTE 2 La présente Annexe se réfère uniquement à la sortie de sécurité intrinsèque de l'alimentation.

Les plus anciennes alimentations de puissance de sécurité intrinsèque étaient constituées d'un transformateur infaillible, d'un redresseur, d'un condensateur de lissage, suivis d'une résistance de limitation de courant pour limiter le courant de sortie maximal. La tension de sortie était la tension sur le condensateur de lissage dans des conditions d'absence de charge ou la tension à travers des diodes Zener connectées en shunt qui limitent la tension de sortie maximale.

Les courbes et tableaux de l'Annexe A sont basés sur les tensions, courants, capacités et inductances soumis à essai sur l'éclateur utilisant de tels circuits d'alimentation simples, sans inflammation permise pendant 400 tours de l'éclateur en utilisant quatre fils de tungstène avec un disque de cadmium. Mathématiquement, en supposant que 1 600 étincelles se sont produites, cela signifie que la probabilité d'inflammation (basée sur le nombre d'inflammations obtenues) sur ouverture ou fermeture des connexions de sortie de l'alimentation est inférieure à $6,25 \times 10^{-04}$. En réalité, en raison des rebonds du fil de tungstène sur le disque de cadmium et en raison des encoches sur le disque de cadmium, le nombre d'étincelles est beaucoup plus élevé. Par conséquent, la probabilité réelle d'inflammation est plus faible.

Sur la base de données empiriques, il s'avère qu'un tracé du logarithme de la probabilité d'inflammation en fonction du logarithme du courant dans le circuit montre une relation linéaire (voir Figure H.1). Sur la base des exigences de la présente Norme, les alimentations (pour «ia» et «ib») sont considérées conformes à la Norme seulement si elles sont soumises aux essais à l'éclateur en utilisant 1,5 fois le courant qu'elles fourniraient normalement, le gaz d'essai étant celui spécifié pour le Groupe particulier.

Sur la base de la relation décrite ci-dessus entre la probabilité et le courant, une telle alimentation aurait, à courant normal, une probabilité d'inflammation inférieure à 1.16×10^{-06} .

En résumé, seules sont considérées satisfaisantes les alimentations qui fournissent une probabilité d'inflammation inférieure à 1.16×10^{-06} sur ouverture ou fermeture des connexions de sortie de l'alimentation à courant et tension normaux.

Des développements ultérieurs dans la conception des alimentations ont produit des circuits complexes qui assurent une sécurité intrinsèque non seulement par la limitation du courant, de la tension, de l'inductance et de la capacité mais aussi par l'utilisation d'une limitation artificielle de la durée de décharge ou d'une limitation de la variation de tension aux contacts d'interrupteur. Des essais conventionnels à l'éclateur sont devenus insatisfaisants pour plusieurs raisons.

- Il n'est pas possible d'augmenter facilement le courant ou la tension dans l'alimentation pour fournir le nécessaire coefficient de sécurité de 1,5 car, dans la plupart des cas, les circuits ne peuvent pas être modifiés facilement.
- l'alimentation ne peut pas délivrer une valeur augmentée du courant ou de la tension en raison des limitations des caractéristiques assignées des composants.
- les modifications apportées à l'alimentation afin de fournir une augmentation du courant ou de la tension modifient aussi ses circuits de temporisation et donc modifient la performance de ses circuits.

Dans ces cas, il était en général considéré satisfaisant de fournir le coefficient de sécurité en augmentant la sensibilité du mélange gazeux d'essai, en utilisant les mélanges spécifiés comme étant «coefficient de sécurité 1,5». L'intention était que l'alimentation serait soumise à essai avec le coefficient de sécurité augmenté du mélange gazeux d'essai pour montrer qu'il ne se produisait pas d'inflammation pendant les 400 tours de l'éclateur et prouver ainsi que la probabilité d'inflammation était bien inférieure à 25×10^{-04} . Il était donc supposé que dans des conditions normales, la probabilité d'inflammation serait inférieure à 16×10^{-06} .

Cependant, il s'est avéré que dans certains cas, même si l'alimentation a été éprouvée pour la probabilité d'inflammation inférieure à $6,25 \times 10^{-04}$ avec le mélange gazeux de coefficient de sécurité 1,5, elle ne fournissait pas la probabilité d'inflammation de $1,16 \times 10^{-06}$ dans les conditions normales car l'alimentation ne suivait pas la relation linéaire du logarithme de la probabilité d'inflammation en fonction du logarithme du courant. Cela a été un souci et de telles alimentations ne sont pas considérées comme fournissant une «probabilité d'inflammation faible acceptable» à courant normal.

La présente Annexe fournit les méthodes d'essai pour éprouver de telles alimentations complexes, si un mélange gazeux d'essai avec sensibilité augmentée doit être utilisé pour atteindre le coefficient de sécurité (voir 10.1.3.2).

Elle exige des essais utilisant un gaz d'essai avec le coefficient de sécurité de 1,5 et assurant qu'il ne se produit pas d'inflammation en 400 tours. Cet essai est effectué pour s'assurer que les exigences normatives de la présente Norme, telles que spécifiées en 10.1.4, sont respectées.

Elle exige ensuite des essais supplémentaires pour assurer que le circuit présente une relation entre la probabilité d'inflammation et le coefficient de sécurité du gaz d'essai pour assurer qu'à courant normal et avec un gaz de coefficient de sécurité unité, la probabilité d'inflammation acceptablement faible de 16×10^{-06} est obtenue. Cela est effectué pour éprouver l'alimentation avec des mélanges gazeux avec des coefficients de sécurité $SF_x = 1,5$, $SF_y = 2,0$, $SF_z = 2,5$. Le tracé de la probabilité d'inflammation et du coefficient de sécurité sur une échelle log-log est pris. Il est contrôlé par essai que soit il ne se produit pas d'inflammation avec ces coefficients de sécurité, soit si des inflammations ont lieu, la pente de l'alimentation limitée à semi-conducteur est supérieure à celle des circuits simples. Il est également vérifié si la pente de l'alimentation limitée à semi-conducteur continue d'augmenter lorsque le coefficient de sécurité diminue, assurant ainsi qu'à courant normal et coefficient de sécurité unité, la probabilité d'inflammation est inférieure à celle correspondant à un circuit simple, c'est-à-dire, inférieure à $1,16 \times 10^{-06}$.

La présente Annexe convient aux alimentations limitées à courant ou tension à semi-conducteur qui limitent ou coupent le courant lorsque la limite de courant ou de tension est dépassée mais récupèrent suffisamment rapidement entre les chocs ou ouvertures successives du fil et du disque de l'éclateur de sorte à recouvrer leur fonctionnement normal avant le prochain choc ou la prochaine ouverture du fil. La présente Annexe ne convient pas aux alimentations qui coupent pendant des périodes prolongées en cas de dépassement du courant ou de la tension. Dans de tels cas, l'Annexe E peut être applicable.

H.2 Essai

L'alimentation doit être soumise à l'essai à l'éclateur pour les cas suivants:

- 400 tours en utilisant un mélange gazeux d'essai fournissant un coefficient de sécurité de 1,5, aucune inflammation n'étant observée; et
- des essais supplémentaires sont fournis dans le Tableau H.1, pour assurer que la probabilité d'inflammation à coefficient de sécurité unité serait acceptable et inférieure à celle pour un circuit simple.

Le Tableau H.2 fournit un certain nombre de mélanges gazeux appropriés pour les essais ci-dessus et les courants d'étalonnage correspondants en utilisant le circuit d'étalonnage normalisé 24 V 95 mH.

La référence «DUT» dans la séquence d'essais du Tableau H.1 renvoie à «appareil en essai». Il s'agit de la source de puissance dans l'équipement, avec les défauts appliqués en fonction du mode de protection, et les valeurs de la tension et du courant réglées aux valeurs maximales dans les tolérances des composants des circuits. Les coefficients de sécurité ne sont pas appliqués au courant ou à la tension car elles sont appliquées aux gaz d'essai.

Lorsque la séquence d'essais décrite dans le Tableau H.1 exige l'utilisation d'un circuit «simple», il sera composé d'une alimentation de laboratoire avec une tension réglée à la valeur U_0 du DUT et un courant de court-circuit limité à la valeur I_0 du DUT par l'utilisation d'une résistance de limitation de courant à faible inductance en série.

Le Tableau H.3 est un exemple de circuit qui réussit à la séquence d'essais du Tableau H.1. Le tracé de ce circuit est fourni à la Figure H.1, étiqueté «Pr – Tableau H.3 – ACCEPTATION». Lorsque le tracé de ce circuit est comparé à celui d'un circuit simplet, étiqueté «Pr – Circuit simple», il montre qu'alors que le nombre d'inflammations est plus élevé lorsque le coefficient de sécurité est plus élevé, à 1,67 et 2,5, mais à mesure que le coefficient de sécurité est réduit, la probabilité diminue plus vite que dans le cas d'un circuit simple et donc aurait une valeur acceptablement faible lorsque le coefficient de sécurité chuterait à l'unité.

Le Tableau H.4 est un exemple de circuit qui ne réussit pas à la séquence d'essais du Tableau H.1. Le tracé de ce circuit est fourni à la Figure H.1, étiqueté «Pr – Tableau H.4 – ACCEPTATION». Lorsque le tracé de ce circuit est comparé à celui d'un circuit simple, étiqueté «Pr – Circuit simple», il montre qu'alors que le nombre d'inflammations est plus faible lorsque le coefficient de sécurité est plus élevé, à 1,67 et 2,5, mais à mesure que le coefficient de sécurité est réduit, la probabilité ne diminue pas plus vite que dans le cas d'un circuit simple et donc ne descend pas avec une pente ayant une valeur acceptablement faible lorsque le coefficient de sécurité chuterait à l'unité.

Tableau H.1.1 – Séquence d'essais

Étape #	Description	Colonne 'x'	Colonne 'y'	Colonne 'z'
1	Coefficient de sécurité cible	1,5	1,67 à 2,0	2,0 à 2,5
2	Détermination du courant d'étalonnage cible pour le circuit d'étalonnage 24 V 95 mH	$\frac{(\text{Courant_étalonnage_fourni_au_Tableau7})}{(\text{Coefficient_sécurité_cible})}$	$\frac{(\text{Courant_étalonnage_fourni_au_Tableau7})}{(\text{Coefficient_sécurité_cible})}$	$\frac{(\text{Courant_étalonnage_fourni_au_Tableau7})}{(\text{Coefficient_sécurité_cible})}$
3	Gaz d'essai utilisé	Utiliser le Tableau H.2 si cela est utile	Utiliser le Tableau H.2 si cela est utile	Utiliser le Tableau H.2 si cela est utile
4	Courant d'étalonnage obtenu	Mesurer à l'aide du circuit d'étalonnage 24 V 95 mH	Mesurer à l'aide du circuit d'étalonnage 24 V 95 mH	Mesurer à l'aide du circuit d'étalonnage 24 V 95 mH
5	Coefficient de sécurité obtenu (il convient qu'il soit dans la plage spécifiée dans l'Étape 1)	$\text{SFx} = \frac{(\text{Courant_étalonnage_fourni_au_Tableau7})}{(\text{Courant_étalonnage_obtenu})}$	$\text{SFy} = \frac{(\text{Courant_étalonnage_fourni_au_Tableau7})}{(\text{Courant_étalonnage_obtenu})}$	$\text{SFz} = \frac{(\text{Courant_étalonnage_fourni_au_Tableau7})}{(\text{Courant_étalonnage_obtenu})}$
6	Nombre de tours pour le DUT (appareil en essai)	4 000	400	40
7	Nombre d'étincelle supposé pour le nombre ci-dessus de tours	16 000	1 600	160
8	«DUT» soumis à essai pour le nombre de tours de l'Étape 6 et nombre d'inflammations atteint	Nx	Ny	Nz
9	Probabilité basée sur le nombre obtenu d'inflammations par étincelle	$\text{Px} = \frac{\text{Nx}}{16000}$	$\text{Py} = \frac{\text{Ny}}{1600}$	$\text{Pz} = \frac{\text{Nz}}{160}$
10	Résultat de conformité possible	Si Px = 0, Py = 0 ou Pz = 0, le DUT a réussi. Si elles ne sont pas toutes nulles, continuer à l'Étape 11		
11	Circuit «simple» (constitué de l'alimentation de laboratoire et de la résistance de limitation de courant) soumis à essai comme fourni dans l'Étape 8 ci-dessus, et nombre d'inflammations obtenu	Na	Nb	Nc

Tableau H.1 (suite)

Étape #	Description	Colonne 'x'	Colonne 'y'	Colonne 'z'
12	Probabilité basée sur le nombre d'inflammations par étincelle obtenu pour le circuit «simple»	$P_a = \frac{Na}{16000}$	$P_b = \frac{Nb}{1600}$	$P_c = \frac{Nc}{160}$
13	Calcul de conformité	Le DUT a réussi si les conditions suivantes sont satisfaites $(\log Px) \leq (\log Pa)$, ou $Px \leq Pa$ $(\log Py - \log Px) \geq (\log Pb - \log Pa)$, ou $\frac{Py}{Px} \geq \frac{Pb}{Pa}$ $\frac{(\log Py - \log Px)}{(\log SFy - \log SFx)} \geq \frac{(\log Pz - \log Py)}{(\log SFz - \log SFy)}$, ou $\left(\frac{Py}{Px}\right)^{\log \frac{SFz}{SFy}} \geq \left(\frac{Pz}{Py}\right)^{\log \frac{SFy}{SFx}}$		

Tableau H.2 – Coefficient de sécurité fourni par plusieurs mélanges d'essai qui peuvent être utilisés pour les essais du Tableau H.1

	Compositions des mélanges explosifs d'essai % volumique dans l'air	Courant dans le circuit d'étalonnage, mA	Coefficient de sécurité pour le groupe et le sous-groupe de matériels électriques			
			I	IIA	IIB	IIC
	(8,3 ± 0,3) % de méthane	110-111	1			
	(5,25 ± 0,25) % de propane	100-101	1,089-1,11	1		
	(52 ± 0,5) % d'hydrogène	73-74	1,49-1,52	1,35-1,38		
	(48 ± 0,5) % d'hydrogène	66-67	1,64-1,68	1,49-1,53		
	(7,8 ± 0,5) % d'éthylène	65-66	1,67-1,7	1,52-1,55	1	
	(38 ± 0,5) % d'hydrogène	43-44	2,5-2,58	2,27-2,35	1,47-1,53	
	(21 ± 2) % d'hydrogène	30-30,5	3,6-3,7	3,27-3,36	2,13-2,2	1
	(60 ± 0,5) % d'hydrogène/ (40 ± 0,5) % d'oxygène	20-21	5,23-5,55	4,76-5,05	3,09-3,3	1,42-1,53
	(70 ± 0,5) % d'hydrogène/ (30 ± 0,5) % d'oxygène sous la pression de 0,22 MPa	15-15,3	-	-	-	1,96-2,03

**Tableau H.3 – Exemple de circuit de Groupe I avec les caractéristiques décrites par la courbe II de la Figure H.1 –
II réussit à la séquence d'essais du Tableau H.1**

Étape #	Description	Colonne 'x'	Colonne 'y'	Colonne 'z'
1	Coefficient_sécurité_cible	1.5	1,67 à 2,0	2,0 à 2,5
2	Détermination du courant d'étalonnage cible pour le circuit d'étalonnage 24 V 95 mH	$\frac{110_mA}{(1.5)} = 73\text{ mA}$	$\frac{110_mA}{(1.67_to_2.0)} = 66\text{ mA à }55\text{ mA}$	$\frac{110_mA}{(2.0_to_2.5)} = 55\text{ mA à }44\text{ mA}$
3	Gaz_essai_utilisé	52 % de H ₂ ; 48 % d'air	48 % de H ₂ ; 52 % d'air	38 % de H ₂ ; 62 % air
4	Courant_étalonnage_obtenu	73 mA	66 mA	44 mA
5	Coefficient de sécurité obtenu (il convient qu'il soit dans la plage spécifiée dans l'Étape 1)	$SFx = \frac{(110_mA)}{(73_mA)} = 1,5\text{ Okay}$ Log SFx = 0,17609	$SFy = \frac{(110_mA)}{(66_mA)} = 1,67\text{ Okay}$ Log SFy = 0,22272	$SFz = \frac{(110_mA)}{(44_mA)} = 2,5\text{ Okay}$ Log SFz = 0,39794
6	Nombre de tours pour le DUT (appareil en essai)	4000	400	40
7	Nombre d'étincelle supposé pour le nombre ci-dessus de tours	16000	1600	160
8	«DUT» soumis à essai pour le nombre de tours de l'Étape 6 et nombre d'inflammations atteint	Nx = 1 inflammation	Nx = 9 inflammations	Nz = 80 inflammations
9	Probabilité basée sur le nombre obtenu d'inflammations par étincelle	$Px = \frac{1}{16000} = 6,25 \times 10^{-5}$ Log Px = -4,20412	$Py = \frac{9}{1600} = 5,6 \times 10^{-3}$ Log Py = -2,25181	$Pz = \frac{80}{160} = 5,0 \times 10^{-1}$ Log Pz = -0,30103
10	Résultat de conformité possible	Px ≠ 0, Py ≠ 0, Pz ≠ 0, donc continuer à l'Étape 11		

Tableau H.3 (suite)

Étape #	Description	Colonne 'x'	Colonne 'y'	Colonne 'z'
11	Circuit «simple» (constitué de l'alimentation de laboratoire et de la résistance de limitation de courant) soumis à essai comme fourni dans l'Étape 8 ci-dessus, et nombre d'inflammations obtenu	Na = 10 inflammations	Nb = 3 inflammations	Nc = 32 inflammations
12	Probabilité basée sur le nombre d'inflammations par étincelle obtenu pour le circuit «simple»	$Pa = \frac{10}{16000} = 6,25 \times 10^{-4}$ Log Pa = -3,20412	$Pb = \frac{3}{1600} = 1,88 \times 10^{-3}$ Log Pb = -2,72584	$Pc = \frac{32}{160} = 2,0 \times 10^{-1}$ Log Pc = -0,69897
13	Calcul de conformité	Le DUT a réussi car: $(\log Px) \leq (\log Pa)$? Oui, parce que $-4,20\ 412 < -3,20\ 412$ $(\log Py - \log Px) \geq (\log Pb - \log Pa)$? Oui, parce que $(-2,251\ 81+4,204\ 12 = +1,952\ 31) > (-2,725\ 84+3,204\ 12 = +0,478\ 28)$ $\frac{(\log Py - \log Px)}{(\log SFy - \log SFx)} \geq \frac{(\log Pz - \log Py)}{(\log SFz - \log SFy)}$? Oui, parce que $\left\{ \frac{(-2,25181 + 4,20412)}{(0,22272 - 0,17609)} = 41,868 \right\} \geq \left\{ \frac{(-0,30103 + 2,25181)}{(0,39794 - 0,22272)} = 11,1333 \right\}$		

Tableau H.4 – Exemple de circuit de Groupe I avec les caractéristiques décrites par la courbe III de la Figure H.1 – Il ne réussit pas à la séquence d'essais du Tableau H.1

Étape #	Description	Colonne 'x'	Colonne 'y'	Colonne 'z'
1	Coefficient_sécurité_cible	1.5	1.67 à 2.0	2.0 à 2.5
2	Détermination du courant d'étalonnage cible pour le circuit d'étalonnage 24 V 95 mH	$\frac{110_mA}{(15)} = 73\text{ mA}$	$\frac{110_mA}{(167_to_2,0)} = 66\text{ to }55\text{ mA}$	$\frac{110_mA}{(2,0_to_2,5)} = 55\text{ to }44\text{ mA}$
3	Gaz_essai_utilisé	52 % de H ₂ ; 48 % d'air	48 % de H ₂ ; 52 % d'air	38 % de H ₂ ; 62 % air
4	Courant_étalonnage_obtenu	73 mA	66 mA	44 mA
5	Coefficient de sécurité obtenu (il convient qu'il soit dans la plage spécifiée dans l'Étape 1)	$SFx = \frac{(110_mA)}{(73_mA)} = 1.5\text{ Okay}$ Log SFx = 0,17609	$SFy = \frac{(110_mA)}{(66_mA)} = 1,67\text{ Okay}$ Log SFy = 0,22272	$SFz = \frac{(110_mA)}{(44_mA)} = 2,5\text{ Okay}$ Log SFz = 0,39794
6	Nombre de tours pour le DUT (appareil en essai)	4 000	400	40
7	Nombre d'étincelles supposé pour le nombre ci-dessus de tours	16 000	1 600	160
8	«DUT» soumis à essai pour le nombre de tours de l'Étape 6 et nombre d'inflammations atteint	Nx = 6 inflammations	Ny = 1 inflammation	Nz = 1 inflammation
9	Probabilité basée sur le nombre obtenu d'inflammations par étincelle	$Px = \frac{(6)}{16000} = 3,75 \times 10^{-4}$ Log Px = -3,42597	$Py = \frac{1}{1600} = 6,25 \times 10^{-4}$ Log Py = -3,20412	$Pz = \frac{1}{160} = 6,25 \times 10^{-3}$ Log Pz = -2,20412
10	Résultat de conformité possible	Px ≠ 0, Py ≠ 0, Pz ≠ 0, donc continuer à l'Étape 11		
11	Circuit «simple» (constitué de l'alimentation de laboratoire et de la résistance de limitation de courant) soumis à essai comme fourni dans l'Étape 8 ci-dessus, et nombre d'inflammations obtenu	Na = 10 inflammations	Nb = 3 inflammations	Nc = 32 inflammations

Tableau H.4 (suite)

Étape #	Description	Colonne 'x'	Colonne 'y'	Colonne 'z'
12	Probabilité basée sur le nombre d'inflammations par étincelle obtenu pour le circuit «simple»	$Pa = \frac{10}{16000} = 6,25 \times 10^{-4}$ Log Pa = -3,20412	$Pb = \frac{3}{1600} = 1,88 \times 10^{-3}$ Log Pb = -2,72584	$Pc = \frac{32}{160} = 2,0 \times 10^{-1}$ Log Pc = -0,69897
13	Calcul de conformité	Le DUT n'a pas réussi car: (log Px) ≤ (log Py)? Oui, parce que -3,425 97 < -3,204 12 (log Py – log Px) ≥ (log Pb – log Pa)? NON, parce que (-3,204 12+3,425 97 = +0,221 85) n'est pas supérieur à (-2.725 84+3.204 12 = +0.478 28) $\frac{(\log Py - \log Px)}{(\log SFy - \log SFx)} \geq \frac{(\log Pz - \log Py)}{(\log SFz - \log SFy)} ?$ NON, parce que $\left\{ \frac{(-3,20412 + 3,42597)}{(0,22272 - 0,17609)} = 4,75766 \right\}$ n'est pas supérieur à $\left\{ \frac{(-2,20412 + 3,20412)}{(0,39794 - 0,22272)} = 5,70711 \right\}$		

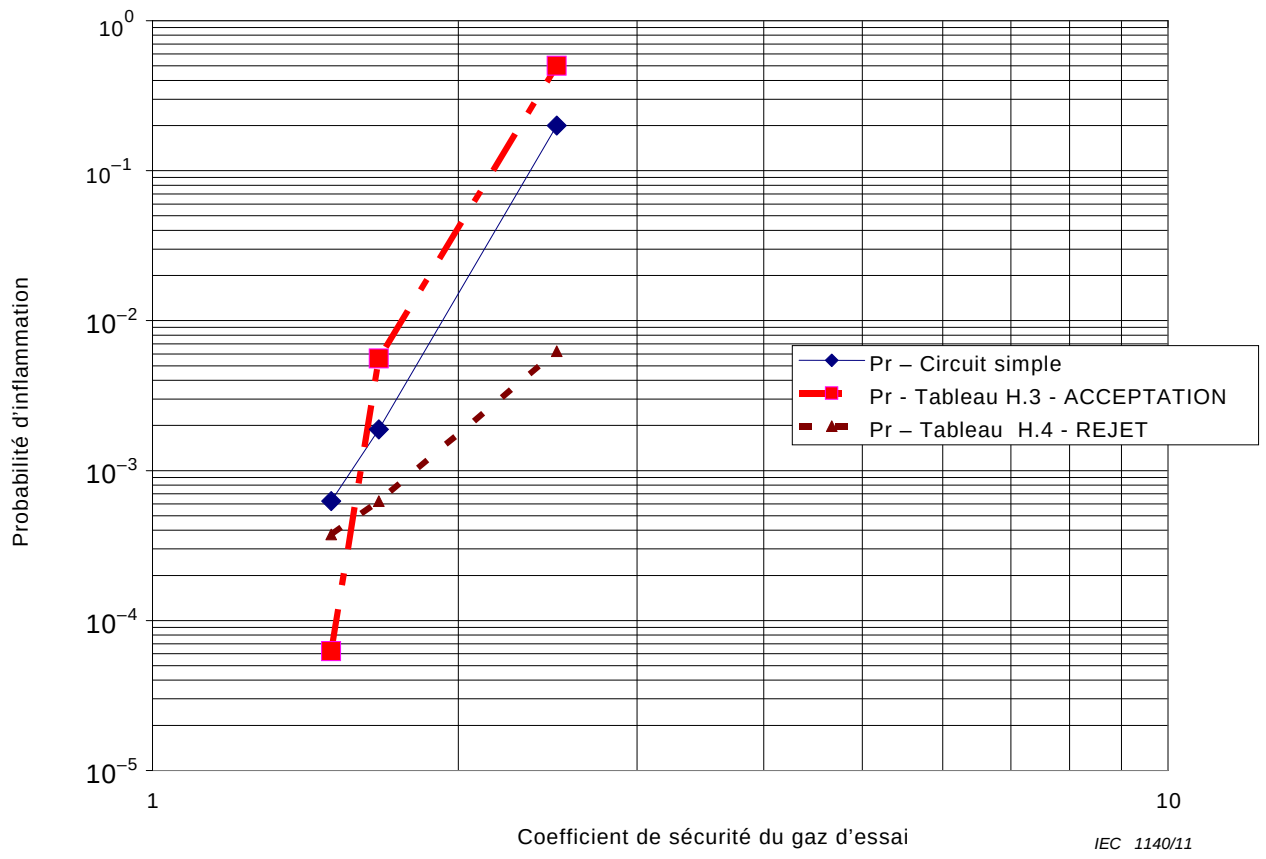


Figure H.1 – Coefficient de sécurité en fonction de la probabilité d'inflammation

Bibliographie

CEI 60050-426:1990, *Vocabulaire électrotechnique International (VEI) – Partie 426: Equipement pour atmosphères explosives*

CEI 60079-15, *Atmosphères explosives – Partie 15: Protection du matériel par le mode de protection «n»*

CEI 61086-1:2004, *Revêtements appliqués sur les cartes de câblage imprimées (revêtements enrobants) – Partie 1: Définitions, classification et exigences générales*

CEI 62133, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Exigences de sécurité pour les accumulateurs portables étanches, et pour les batteries qui en sont constituées, destinés à l'utilisation dans des applications portables.*

IPC 2152, *Standard for Determining Current Carrying Capacity in Printed Board Design* (disponible en anglais seulement)

UL 1642, *Normes pour les batteries au lithium*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch