

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Explosive atmospheres –

Part 28: Protection of equipment and transmission systems using optical radiation

Atmosphères explosives –

Partie 28: Protection du matériel et des systèmes de transmission utilisant le rayonnement optique

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60079-28:2015



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 60 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 60 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Explosive atmospheres –

Part 28: Protection of equipment and transmission systems using optical radiation

Atmosphères explosives –

Partie 28: Protection du matériel et des systèmes de transmission utilisant le rayonnement optique

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.260.20

ISBN 978-2-8322-2679-7

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC 60079-28
Edition 2.0 2015-05

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

**Part 28: Protection of equipment and
transmission systems using optical radiation**

INTERPRETATION SHEET 1

This interpretation sheet has been prepared by IEC technical committee 31: Equipment for explosive atmospheres.

The text of this interpretation sheet is based on the following documents:

DISH	Report on voting
31/1496/DISH	31/1508/RVDISH

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

Interpretation sheet to the 6th paragraph of the Scope of IEC 60079-28:2015 (Edition 2)

Various interpretations are being made by IECEx ExCB -and ExTL staff regarding the consideration of the risk of ignition from optical sources, and the applicability of IEC 60079-28 in the context of Subclause 6.6.4 of IEC 60079-0:2017. In addition to assistance provided to date on IECEx Decision Sheet DS2018/004, the Liaison with IECEx has indicated that an interpretation sheet addressing the applicability of IEC 60079-28 is required to clarify which equipment that falls into the scope and what does not.

This interpretation is made available for Edition 2 of this standard due to the current use of that standard by manufacturers, conformity assessment schemes and national bodies by means of this “Interpretation Sheet” as follows:

Details of interpretation:

IEC 60079-28:2015 (Edition 2: Protection of equipment and transmission systems using optical radiation)

Interpretation of the 6th paragraph of the Scope:

Question: The 6th paragraph including the items 1) to 5) describes the equipment excepted from the Scope of this standard. The understanding of the listed exceptions is ambiguous. Therefore, it is possible that IEC 60079-28 is not applied in all situations where it is relevant. In addition, the potential confusion can be compounded by the wording of the exceptions.

When should the requirements of IEC 60079-28 be applied to Ex Equipment, including Equipment assemblies and Ex Components that include an optical radiation source based on Subclause 6.6.4 "Lasers, luminaries, and other non-divergent continuous wave optical sources" in IEC 60079-0:2017 (Edition 7)?

Interpretation:

This standard applies to

- i) *laser equipment; and*
- ii) *optical fibre equipment; and*
- iii) *any other convergent light sources or beams where light is focussed in one single point within the hazardous area.*

NOTE 2 Some optical elements such as lenses and reflectors are able to convert divergent light into a convergent beam.

This standard does not apply to:

- 1) *laser equipment for EPL Mb, Gb or Gc and Db or Dc applications which complies with Class 1 limits in accordance with IEC 60825-1; or*

NOTE 3 The referenced Class 1 limits are those that involve emission limits below 15 mW measured at a distance from the optical radiation source in accordance with IEC 60825-1, with this measured distance reflected in the Ex application.

- 2) *divergent light sources or beams where light is not focussed within the hazardous area; or*
- 3) *Single or multiple optical fibre cables not part of optical fibre equipment if the cables:*
 - a) *comply with the relevant industrial standards, along with additional protective means, e.g. robust cabling, conduit or raceway (for EPL Gb, Db, Mb, Gc or Dc); or*
 - b) *comply with the relevant industrial standards (for EPL Gc or Dc).; or*
- 4) *Optical radiation sources as defined in i. to iii. above where the optical radiation is fully contained in an enclosure complying with one of the followings Types of Protection suitable for the EPL, or the minimum ingress protection rating specified:*

- a) *flameproof "d" enclosures (IEC 60079-1); or*

NOTE 4 A flameproof "d" enclosure is suitable because an ignition due to optical radiation in combination with absorbers inside the enclosure is contained.

- b) *pressurized "p" enclosures (IEC 60079-2); or*

NOTE 5 A pressurized "p" enclosure is suitable because there is protection against ingress of an explosive atmosphere.

- c) *restricted breathing "nR" enclosure (IEC 60079-15); or*

NOTE 6 A restricted breathing "nR" enclosure is suitable because there is protection against ingress of an explosive atmosphere.

- d) *dust protection "t" enclosures" (IEC 60079-31); or*

NOTE 7 A dust protection "t" enclosure is suitable because there is protection against ingress of an explosive dust atmosphere.

- e) *an enclosure that provides a minimum ingress protection of IP 6X and where no internal absorbers are to be expected and complying with “Tests of enclosures” in IEC 60079-0.*

NOTE 8 An enclosure of a minimum ingress protection of IP 6X and complying with “Tests of enclosures” in IEC 60079-0 is suitable because there is protection against the ingress of absorbers. It is anticipated that when the enclosures are opened, entrance of any absorbers is avoided.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60079-28:2015

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	10
3 Terms and definitions	10
4 General requirements	13
5 Types of protection	13
5.1 General.....	13
5.2 Requirements for inherently safe optical radiation “op is”	14
5.2.1 General	14
5.2.2 Continuous wave radiation.....	14
5.2.3 Pulsed radiation.....	18
5.2.4 Ignition tests.....	19
5.2.5 Over-power/energy fault protection	19
5.3 Requirements for protected optical radiation “op pr”.....	20
5.3.1 General	20
5.3.2 Radiation inside optical fibre or cable	20
5.3.3 Radiation inside enclosures	21
5.4 Optical system with interlock “op sh”.....	21
6 Type verifications and tests	22
6.1 Test set-up for ignition tests.....	22
6.1.1 General	22
6.1.2 Test vessel	22
6.1.3 Criteria to determine ignition.....	23
6.2 Verification of suitability of test set-up for type tests	23
6.2.1 Reference gas	23
6.2.2 Reference absorber	23
6.2.3 Reference test for continuous wave radiation and pulses above 1 s duration	23
6.2.4 Reference test for pulsed radiation below 1 ms pulse duration.....	23
6.3 Type tests.....	24
6.3.1 Ignition tests with continuous wave radiation and pulses above 1 s duration	24
6.3.2 Ignition tests with single pulses less than 1 ms duration	24
6.3.3 Tests for pulse trains and pulses from 1 ms to 1 s duration.....	24
6.3.4 Absorber targets for type tests.....	24
6.3.5 Test acceptance criteria and safety factors	25
7 Marking	25
Annex A (informative) Reference test data	27
Annex B (informative) Ignition mechanisms.....	28
Annex C (normative) Ignition hazard assessment.....	33
Annex D (informative) Typical optical fibre cable design	35
Annex E (normative) Flow diagram for the assessment of pulses	36
Bibliography.....	37

Figure 1 – Optical ignition delay times and safe boundary curve with safety factor of 2	22
Figure B.1 – Minimum radiant igniting power with inert absorber target ($\alpha_{1064 \text{ nm}}=83 \%$, $\alpha_{805 \text{ nm}}=93 \%$) and continuous wave-radiation of 1064 nm	31
Figure B.2 – Minimum radiant igniting power with inert absorber target ($\alpha_{1064 \text{ nm}}=83 \%$, $\alpha_{805 \text{ nm}}=93 \%$) and continuous wave-radiation (PTB: 1064 nm, HSL: 805 nm, [8]: 803 nm) for some n-alkanes	32
Figure C.1 – Ignition hazard assessment	33
Figure D.1 – Example Multi-Fibre Optical Cable Design For Heavy Duty Applications	35
Figure D.2 – Typical Single Optical Fibre Cable Design	35
Figure E.1 – Flow diagram for the assessment of pulses according to 5.2.3	36
Table 1 – EPLs achieved by application of types of protection for optical systems	13
Table 2 – Safe optical power and irradiance for Group I and II equipment, categorized by Equipment Group and temperature class	15
Table 3 – Safe optical power and irradiance for Group III equipment	15
Table 4 – Safe limit values for intermediate area, Group I or II, constant power, T1 – T4 atmospheres, equipment Groups IIA, IIB or IIC (Data derived from Figure B.1 including a safety factor)	16
Table A.1 – Reference values for ignition tests with a mixture of propane in air at 40 °C mixture temperature	27
Table B.1 – AIT (auto ignition temperature), MESG (maximum experimental safe gap) and measured ignition powers of the chosen combustibles for inert absorbers as the target material ($\alpha_{1064 \text{ nm}}=83 \%$, $\alpha_{805 \text{ nm}}=93 \%$)	30
Table B.2 – Comparison of measured minimum igniting optical pulse energy ($Q_{e,p}^{i,min}$) at 90 μm beam diameter with auto ignition temperatures (AIT) and minimum ignition energies (MIE) from literature [9] at concentrations in percent by volume (φ)	32

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –**Part 28: Protection of equipment and transmission
systems using optical radiation****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 60079-28 has been prepared by IEC technical committee 31: Equipment for explosive atmospheres.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 2006, and constitutes a technical revision.

The significance of the changes between IEC 60079-28, Edition 2.0 (2015) and IEC 60079-28, Edition 1.0 (2006), is as listed below:

Significance of changes with respect to IEC 60079-28:2006

Significant Changes	Clause	Type		
		Minor and editorial changes	Extension	Major technical changes
Scope: Expansion to include Group III and EPLs Da, Db and Dc	1		x	
Scope: Clarification and list of exclusions for optical radiation sources	1		x	
Normative references: Deletion of IEC 60079-10, and addition of IEC 60050-426 and 60050-731	2	x		
Terms and definitions: Some definitions not used in the standard deleted. New definitions added.	3	x		
General requirements: Introduction of an ignition hazard assessment moved to 4, statement for presence of absorbers added, Explanation of EPLs deleted	4	x		
Table 1: EPLs versus protection types moved from 5.5 to 5.1, table modified and extended	5.1	x	x	
Structure of Table 2 changed and extended explanation in the notes, but with the same limit values	5.2.2.1	x		
Table 3 for Group III added	5.2.2.1		x	
Table 4 replaces Figure 1 for better application	5.2.2.1	x		
Detailed requirements for the measurement of optical power added	5.2.2.2		x	
Detailed requirements for the measurement of optical irradiance added	5.2.2.3		x	
Requirements for the assessment of optical pulses for Group II much more detailed	5.2.3.1 5.2.3.2 5.2.3.3 5.2.3.4	x		
Requirements for the assessment of optical pulses for Group I and Group III added	5.2.3.5		x	
Ignition tests: Notes 1 and 2 added	5.2.4	x		
Over-power/energy fault protection: Title changed and wording modified for clarity	5.2.5	x		
Radiation inside optical fibre or cable: requirements added, e.g. pull test	5.3.2			C1
Radiation inside enclosures: IP 6X enclosures, "p" or "t" enclosures added	5.3.3		x	
Optical system with interlock "op sh" Table 3 deleted, Figure 1 with interlock cutoff delay times added	5.4		x	
Type verifications and tests: structure changed (editorial, without changing the requirements)	6	x		
Marking: markings required by IEC 60079-0 deleted. Examples of marking: example with combination of op is with other types of protection added	7	x		
Ignition hazard assessment: Flow chart in Figure C.1 modified for better understanding	Annex C	x		
Old Annex E (Introduction of EPLs) deleted. New Annex E provides a flow chart for the assessment of pulses according to 5.2.3	Annex E	x		
Relevant IEC-Standards moved to Clause 2	Formerly Annex F	x		

Explanation of the Types of Significant Changes:

A) Definitions

- 1) **Minor and editorial changes:**
- Clarification
 - Decrease of technical requirements
 - Minor technical change
 - Editorial corrections

These are changes which modify requirements in an editorial or a minor technical way. They include changes of the wording to clarify technical requirements without any technical change, or a reduction in level of existing requirement.

- 2) **Extension:** Addition of technical options

These are changes which add new or modify existing technical requirements, in a way that new options are given, but without increasing requirements for equipment that was fully compliant with the previous standard. Therefore, these will not have to be considered for products in conformity with the preceding edition.

- 3) **Major technical changes:**
- addition of technical requirements
 - increase of technical requirements

These are changes to technical requirements (addition, increase of the level or removal) made in a way that a product in conformity with the preceding edition will not always be able to fulfil the requirements given in the later edition. These changes have to be considered for products in conformity with the preceding edition. For these changes additional information is provided in clause B) below.

Note These changes represent current technological knowledge. However, these changes should not normally have an influence on equipment already placed on the market.

B) Information about the background of 'Major technical changes'

C1 For the protection concept "protected radiation op pr" some requirements like a pull test for optical fibres or cables have been added.

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

FDIS	Report on voting
31/1178/FDIS	31/1193/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 60079 series, published 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.

The contents of the interpretation sheet of November 2019 have been included in this copy.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60079-28:2015

INTRODUCTION

Optical equipment in the form of lamps, lasers, LEDs, optical fibers etc. is increasingly used for communications, surveying, sensing and measurement. In material processing, optical radiation of high irradiance is used. Where the installation is inside or close to explosive atmospheres, the radiation from such equipment may pass through these atmospheres. Depending on the characteristics of the radiation it might then be able to ignite a surrounding explosive atmosphere. The presence or absence of an additional absorber, such as particles, significantly influences the ignition.

There are four possible ignition mechanisms:

- a) Optical radiation is absorbed by surfaces or particles, causing them to heat up, and under certain circumstances this may allow them to attain a temperature which will ignite a surrounding explosive atmosphere.
- b) Thermal ignition of a gas volume, where the optical wavelength matches an absorption band of the gas or vapour.
- c) Photochemical ignition due to photo dissociation of oxygen molecules by radiation in the ultraviolet wavelength range.
- d) Direct laser induced breakdown of the gas or vapour at the focus of a strong beam, producing plasma and a shock wave both eventually acting as ignition source. These processes can be supported by a solid material close to the breakdown point.

The most likely case of ignition occurring in practice with lowest radiation power of ignition capability is case a). Under some conditions for pulsed radiation case d) also will become relevant. These two cases are addressed in this standard. Although one should be aware of ignition mechanism b) and c) explained above, they are not addressed in this standard due to the very special situation with ultraviolet radiation and with the absorption properties of most gases (see Annex A).

This standard describes precautions and requirements to be taken when using optical radiation transmitting equipment in explosive gas or dust atmospheres. It also outlines a test method, which can be used in special cases to verify that a beam is not ignition capable under selected test conditions, if the optical limit values cannot be guaranteed by assessment or beam strength measurement.

There is equipment outside the scope of this standard because the optical radiation associated with this equipment is considered not to be a risk of ignition for the following reasons:

- due to low radiated power or divergent light, and
- as hot surfaces created due to a too small distance from the radiation source to an absorber which is already considered by general requirements for lighting equipment.

In most cases the optical equipment is associated with electrical equipment and where the electrical equipment is located in a hazardous area then other parts of the IEC 60079 series will also apply. This standard provides guidance for:

- a) Ignition hazards associated with optical systems in explosive atmospheres as defined in IEC 60079-10-1 and IEC 60079-10-2, and,
- b) Control of ignition hazards from equipment using optical radiation in explosive atmospheres.

This standard is related to the integrated system used to control the ignition hazard from equipment using optical radiation in explosive atmospheres.

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

Part 28: Protection of equipment and transmission systems using optical radiation

1 Scope

This part of IEC 60079 specifies the requirements, testing and marking of equipment emitting optical radiation intended for use in explosive atmospheres. It also covers equipment located outside the explosive atmosphere or protected by a Type of Protection listed in IEC 60079-0, but which generates optical radiation that is intended to enter an explosive atmosphere. It covers Groups I, II and III, and EPLs Ga, Gb, Gc, Da, Db, Dc, Ma and Mb.

This standard contains requirements for optical radiation in the wavelength range from 380 nm to 10 μm . It covers the following ignition mechanisms:

- Optical radiation is absorbed by surfaces or particles, causing them to heat up, and under certain circumstances this may allow them to attain a temperature which will ignite a surrounding explosive atmosphere.
- In rare special cases, direct laser induced breakdown of the gas at the focus of a strong beam, producing plasma and a shock wave both eventually acting as ignition source. These processes can be supported by a solid material close to the breakdown point.

NOTE 1 See a) and d) of the introduction.

This standard does not cover ignition by ultraviolet radiation and by absorption of the radiation in the explosive mixture itself. Explosive absorbers or absorbers that contain their own oxidizer as well as catalytic absorbers are also outside the scope of this standard.

This standard specifies requirements for equipment intended for use under atmospheric conditions.

This standard supplements and modifies the general requirements of IEC 60079-0. Where a requirement of this standard conflicts with a requirement of IEC 60079-0, the requirement of this standard takes precedence.

This standard applies to optical fibre equipment and optical equipment, including LED and laser equipment, with the exception of the equipment detailed below:

- 1) Non-array divergent LEDs used for example to show equipment status or backlight function.
- 2) All luminaires (fixed, portable or transportable), hand lights and caplights; intended to be supplied by mains (with or without galvanic isolation) or powered by batteries:
 - with continuous divergent light sources (for all EPLs),
 - with LED light sources (for EPL Gc or Dc only).

NOTE 2 Continuous divergent LED light sources for other than EPL Gc or Dc are not excluded from the standard due to the uncertainty of potential ignition concerns regarding high irradiance.

- 3) Optical radiation sources for EPL Mb, Gb or Gc and Db or Dc applications which comply with Class 1 limits in accordance with IEC 60825-1.

NOTE 3 The referenced Class 1 limits are those that involve emission limits below 15 mW measured at a distance from the optical radiation source in accordance with IEC 60825-1, with this measured distance reflected in the Ex application.

- 4) Single or multiple optical fibre cables not part of optical fibre equipment if the cables:

- comply with the relevant industrial standards, along with additional protective means, e.g. robust cabling, conduit or raceway (for EPL Gb, Db, Mb, Gc or Dc),
 - comply with the relevant industrial standards (for EPL Gc or Dc).
- 5) Enclosed equipment involving an enclosure that fully contains the optical radiation and that complies with a suitable type of protection as required by the involved EPL, with the enclosure complying with one of the following conditions:
- An enclosure for which an ignition due to optical radiation in combination with absorbers inside the enclosure would be acceptable such as flameproof "d" enclosures (IEC 60079-1), or
 - An enclosure for which protection regarding ingress of an explosive gas atmosphere is provided, such as pressurized "p" enclosures (IEC 60079-2), restricted breathing "nR" enclosure (IEC 60079-15), or
 - An enclosure for which protection regarding ingress of an explosive dust atmosphere is provided, such as dust protection "t" enclosures" (IEC 60079-31), or
 - An enclosure for which protection regarding ingress of absorbers is provided (such as IP 6X enclosures) and where no internal absorbers are to be expected.

NOTE 4 For these scope exclusions based on enclosure constructions, it is anticipated that the enclosures are not opened in the explosive atmosphere, so that ingress is protected.

2 Normative references

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

IEC 60050, *International Electrotechnical Vocabulary*

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

IEC 60079-1, *Explosive atmospheres – Part 1: Equipment protection by flameproof enclosures "d"*

IEC 60079-11, *Explosive atmospheres – Part 11: Equipment protection by intrinsic safety "i"*

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

IEC 60825-2, *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-426, IEC 60050-731, IEC 60079-0 and the following apply.

3.1

absorption

in a propagation medium, the conversion of electromagnetic wave energy into another form of energy, for instance heat

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-03-14]

3.2**beam diameter (or beam width)**

distance between two diametrically opposed points where the irradiance is a specified fraction of the beam's peak irradiance

Note 1 to entry: Most commonly applied to beams that are circular or nearly circular in cross section.

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-01-35]

3.3**beam strength**

optical beam's power, irradiance, energy, or radiant exposure

3.4**core**

central region of an optical fibre through which most of the optical power is transmitted

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-02-04]

3.5**cladding**

dielectric material of an optical fibre surrounding the core

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-02-05]

3.6**fibre bundle**

assembly of unbuffered optical fibres

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-04-09]

3.7**fibre optic terminal device**

assembly including one or more opto-electronic devices which converts an electrical signal into an optical signal, and/or vice versa, which is designed to be connected to at least one optical fibre

Note 1 to entry: A fibre optic terminal device always has one or more integral fibre optic connector(s) or optical fibre pigtail(s).

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-06-44]

3.8**optical radiation types of protection****3.8.1****inherently safe optical radiation**

“op is”

visible or infrared radiation that is incapable of producing sufficient energy under normal or specified fault conditions to ignite a specific explosive atmosphere

Note 1 to entry: This definition is analogous to the term “intrinsically safe” applied to electrical circuits.

3.8.2**protected optical radiation**

“op pr”

visible or infrared radiation that is confined inside optical fibre or other transmission medium under normal constructions or constructions with additional mechanical protection based on the assumption that there is no escape of radiation from the confinement

3.8.3

optical system with interlock “op sh”

system to confine visible or infrared radiation inside optical fibre or other transmission medium with interlock cut-off provided to reliably reduce the unconfined beam strength to safe levels within a specified time in case the confinement fails and the radiation becomes unconfined

3.9

irradiance

DEPRECATED: intensity

radiant power incident on an element of a surface divided by the area of that element

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-1-25]

3.10

light (or visible radiation)

optical radiation capable of causing a visual sensation directly on a human being

Note 1 to entry: Nominally covering the wavelength in vacuum range of 380 nm to 800 nm.

Note 2 to entry: In the laser and optical communication fields, custom and practice in the English language have extended usage of the term light to include the much broader portion of the electromagnetic spectrum that can be handled by the basic optical techniques used for the visible spectrum.

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-01-04]

3.11

optical fibre

filament shaped optical waveguide made of dielectric materials

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-02-01]

3.12

optical fibre cable

assembly comprising one or more optical fibres or fibre bundles inside a common covering designed to protect them against mechanical stresses and other environmental influences while retaining the transmission qualities of the fibres

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-04-01]

3.13

optical (or radiant) power

rate of flow of radiant energy with time

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-01-22]

3.14

optical radiation

electromagnetic radiation at wavelengths in vacuum between the region of transition to X-rays and the region of transition to radio waves, that is approximately between 1 nm and 1000 µm

Note 1 to entry: In the context of this standard, the term “optical” refers to wavelengths ranging from 380 nm to 10 µm.

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-01-03, modified (addition of Note 1 to entry)]

3.15**protected optical fibre cable**

optical fibre cable protected from releasing optical radiation into the atmosphere during normal operating conditions and foreseeable malfunctions by additional armouring, conduit, cable tray or raceway

3.16**radiant exposure**

radiant energy incident on an element of a surface divided by the area of that element

4 General requirements

Electrical equipment and electrical Ex Components (e.g. fibre optic terminal devices) shall comply with one or more of the specific electrical equipment protection technique standards listed in IEC 60079-0 suitable for the application if intended to be installed inside the hazardous area.

Optical equipment shall be subjected to a formally documented ignition hazard assessment using the principles stated in Annex C. This assessment shall be made to determine which possible optical ignition source can arise in the equipment under consideration, and which measures may need to be taken to mitigate the risk of ignition.

If a source of optical radiation is inside an enclosure providing a protection of minimum IP 6X, after the tests specified in IEC 60079-0 for enclosures, the ingress of absorbing targets from the outside of the enclosure need not be taken into consideration, but the existence of internal targets shall be taken into consideration. However where the optical radiation may leave such an enclosure, the requirements of this standard also apply to the emitted optical radiation.

5 Types of protection**5.1 General**

Three types of protection can be applied to prevent ignitions by optical radiation in explosive atmospheres. These types of protection encompass the entire optical system.

These types of protection are:

- a) inherently safe optical radiation, type of protection “op is”,
- b) protected optical radiation, type of protection “op pr”, and
- c) optical system with interlock, type of protection “op sh”.

Where the ignition hazard assessment given in Annex C shows that ignition due to optical radiation may be possible, the principles of using the types of protection shown in Table 1 shall be applied.

Table 1 – EPLs achieved by application of types of protection for optical systems

Type(s) of protection	EPLs		
	Ga, Da, Ma	Gb, Db, Mb	Gc, Dc
Inherently safe optical radiation “op is” (see 5.2)			
– safe with two faults or using optical source based on the thermal failure characteristic 5.2.2.2 item 3) or 5.2.2.3 item 3)	Yes	Yes	Yes
– safe with one fault or using optical source based on the thermal failure characteristic 5.2.2.2 item 3) or 5.2.2.3 item 3)	No	Yes	Yes
– safe in normal operation	No	No	Yes

Type(s) of protection	EPLs		
	Ga, Da, Ma	Gb, Db, Mb	Gc, Dc
Protected fibre optic media with ignition capable beam “op pr” (see 5.3)			
– with additional mechanical protection	No	Yes	Yes
– according to fibre manufacturers specification for normal industrial use, but without additional mechanical protection	No	No	Yes
Fibre optic media with ignition capable beam interlocked in case of fibre breakage “op sh” (see 5.4)			
– Protected fibre optic cable “op pr” for Gb/Db/Mb + shutdown functional safety system based on ignition delay time of the explosive gas atmosphere	Yes ¹⁾	Yes	Yes
– Protected fibre optic cable “op pr” for Gc/Dc + shutdown functional safety system based on eye protection delay times (IEC 60825-2)	No	Yes ¹⁾	Yes
– Unprotected fibre optic cable (not “op pr”) + shutdown functional safety system based on eye protection delay times (IEC 60825-2)	No	No	Yes
None (unconfined, ignition capable beam)	No	No	No
¹⁾ Shutdown system safe with one fault			

5.2 Requirements for inherently safe optical radiation “op is”

5.2.1 General

Inherently safe optical radiation means that the visible or infrared radiation is incapable of supplying sufficient energy under normal or specified fault conditions to ignite a specific explosive atmosphere. The concept is a beam strength limitation approach to safety. Ignition by an optically irradiated target absorber requires the least amount of energy, power, or irradiance of the identified ignition mechanisms in the visible and infrared spectrum. The inherently safe concept applies to unconfined radiation and does not require maintaining an absorber-free environment.

5.2.2 Continuous wave radiation

5.2.2.1 General

Either optical power or optical irradiance shall not exceed the values listed in Table 2, Table 3 and Table 4, categorized by equipment group and temperature class.

As an alternative to compliance with Table 2 the following options are available:

- For irradiated surface areas above 400 mm², the maximum temperature measured on the irradiated surface shall be used to establish the temperature class, with no limit on irradiance. The temperature measurement shall consider the possibility of non-homogeneous beam strength.
- For limited irradiated areas not greater than 130 mm², maximum radiated power values other than those as permitted by Table 2 for temperature classes T1, T2, T3 and T4 and Groups IIA, IIB or IIC are detailed in Table 4.
- Passing the ignition tests in accordance to with 5.2.4.

Table 2 – Safe optical power and irradiance for Group I and II equipment, categorized by Equipment Group and temperature class

Optical radiation sources with		Can be used for the following atmospheres (temperature classes in combination with equipment groups)	Remarks
Radiated power (no irradiance limit applies) mW	Irradiance (no radiated power limit applies) mW/mm ²		
≤ 150		IIA with T1, T2 or T3, and I	No limit to the involved irradiated area
≤ 35		IIA, IIB independent of T-Class, IIC with T1, T2, T3 or T4, and I	No limit to the involved irradiated area
≤ 15		All atmospheres	No limit to the involved irradiated area
	≤ 20	IIA with T1, T2 or T3, and I	Irradiated areas limited to ≤ 30 mm ²
	≤ 5	All atmospheres	No limit to the involved irradiated area

NOTE The applicable optical power or optical irradiance values listed in this table are based on the subdivision of the equipment group (gas group) and the temperature class since the ignition process by small hot particles depends on both the subdivision and the temperature class of the explosive mixture. This is independent from the (electrical) equipment group and temperature class associated with the assessment of the electrical equipment. It is therefore important to realize that the meaning of the term 'temperature class' is not the same for optical radiation protection technique, "op is", as it is for other applicable electrical equipment protection techniques (such as for flameproof enclosures, "d", or intrinsically safe apparatus, "i").

For "op is", the use of the term 'temperature class' when applying this table does not relate to the maximum temperature measured on the equipment. Instead, it relates to the ignition properties of the gases associated with the various equipment groups. Therefore, for IIA and IIB equipment, T5 and T6 temperature classes are not applicable, as there are no IIA or IIB gases that have T5 or T6 auto-ignition temperatures. Similarly, for IIC equipment, there are no IIC gases with T5 auto-ignition temperatures, and carbon disulfide is the only IIC gas with a T6 auto-ignition temperature.

So, when applying this table for IIB equipment, there is only one option for optical power or optical irradiance values, T1 to T4. However, for IIA, the manufacturer would indicate an "op is" temperature class for the involved equipment group gases relating to the intended end-installation application either of T1 to T3 or of T4. Similarly, for IIC, the manufacturer would either indicate T1 to T4, or indicate T6 if carbon disulfide is included in the intended end-installation application.

Table 3 – Safe optical power and irradiance for Group III equipment

Equipment Group	IIIA, IIIB and IIIC		
EPL	Da	Db	Dc
Radiated power (no irradiance limit applies) mW	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Irradiance (no radiated power limit applies) mW/mm ²	≤ 5	≤ 5	≤ 10

Table 4 – Safe limit values for intermediate area, Group I or II, constant power, T1 – T4 atmospheres, equipment Groups IIA, IIB or IIC (Data derived from Figure B.1 including a safety factor)

limited irradiated area mm ²	Maximum radiated power value mW
$< 4 \cdot 10^{-3}$	35
$\geq 4 \cdot 10^{-3}$	40
$\geq 1,8 \cdot 10^{-2}$	52
$\geq 4 \cdot 10^{-2}$	60
$\geq 0,2$	80
$\geq 0,8$	100
$\geq 2,9$	115
≥ 8	200
≥ 70	400
For irradiated areas equal to or above 130 mm ² the irradiance limit of 5 mW/mm ² applies	

5.2.2.2 Optical power

If compliance with Table 2, Table 3 or Table 4 is to be based on maximum optical power values, then maximum optical power shall be measured in accordance with one of the following test methods, using the same or equivalent thermal dissipation conditions as in the intended application:

- 1) The actual driver circuitry is used to power the optical device, with maximum optical power measured under fault conditions in accordance with the over-power / energy fault protection criteria according to 5.2.5 and the respective EPL at ambient temperature between 21 °C and 25 °C. If the optical power is higher at the foreseen ambient temperature range of the equipment, the measured value at room temperature shall be adjusted according to the temperature coefficient taken from the data sheet. If no information is given in the data sheet then the measurement shall be done additionally in the lowest and highest values of the temperature range specified for the equipment. Separate samples shall be taken for each of the 3 tests if the optical device is subjected to input parameters which are higher than its maximum rating. The number of test samples depends upon the number of fault conditions to be applied.
- 2) The maximum input parameters to the optical device from the actual driver circuitry are calculated based on analysis of the driver circuitry schematic. This analysis shall include consideration of fault conditions in accordance with the over-power / energy fault protection criteria according to 5.2.5 and the respective EPL. One test sample of the optical device without the driver circuitry is then connected to a separate variable source of supply and subjected to input parameters equal to the maximum calculated input parameter values. Maximum optical power is measured with the optical device at ambient temperature between 21 °C and 25 °C. If the optical power is higher at the foreseen ambient temperature range of the equipment, the measured value at room temperature shall be adjusted due to the temperature coefficient taken from the data sheet. If no information is given in the data sheet then the measurement shall be done additionally in the lowest and highest values of the temperature range specified for the equipment. Separate samples shall be taken for each of the 3 tests if the optical device is subjected to input parameters which are higher than its maximum rating.
- 3) The actual driver circuitry is replaced with a separate variable source of supply. This source of supply is then used to provide variable inputs to the optical device, with maximum optical power measured. No faults are considered. Ten samples of the optical device are to be tested at ambient temperature between 21 °C and 25 °C. The maximum optical power is then taken from the highest power that can be measured at the ten samples before the optical device shuts down or folds back.

NOTE When the actual driver circuitry is replaced with a separate variable source of supply, the maximum optical power is the power that can be measured before the optical device shuts down or folds back. Under such shut down or fold back conditions, there is the potential for significant variance between multiple samples of the same optical device. To address this issue, 10 samples of the optical device are tested to identify the maximum optical power. Such variance is not an issue when evaluating the optical device with its actual driver circuitry.

- 4) Calculation of maximum optical power based on the electrical power supplied to the optical device as described in 2). For the optical output values the data sheet specifications shall be taken into account, together with the calculated power supplied, and if applicable distances provided by construction from the radiating surface.

The following is applicable to whichever of the above test conditions is selected:

- An optical detector (e.g semiconductor sensor for nearly monochromatic radiation – optical power meter – or thermopile sensor for non-monochromatic or spectrally variable optical sources) is used to measure the optical power.
- The optical detector shall be positioned at a reasonable distance from the output of the optical device such that the entire beam diameter is captured, while being in accordance with the instructions for the optical detector. Alternatively, for optical devices recessed a given distance within an enclosure that does not contain the optical radiation, the optical detector may be positioned this given distance from the optical device. This alternative approach requires that the enclosure complies with recognized types of protection for electrical apparatus designed to contain an internal ignition (such as a flameproof "d" enclosure) according to IEC 60079-1, or where it is not expected there are absorbing targets inside the enclosure according to the ignition hazard assessment (such as an IP 6X enclosure, a pressurized "p" enclosure, restricted breathing "nR" enclosure, etc.).
- The maximum measured optical power value shall be less than or equal to the applicable maximum optical power value from Table 2, Table 3 or Table 4 respectively.

If the maximum measured optical power value is not less than or equal to the applicable maximum optical power value from Table 2, Table 3 or Table 4 then an evaluation can be performed to determine compliance with the requirements for 'Optical irradiance' (see 5.2.2.3).

5.2.2.3 Optical irradiance

If compliance with Table 2, Table 3 or Table 4 is to be based on maximum optical irradiance values, then optical irradiance can be determined in accordance with one of the test conditions specified in 5.2.2.2.

The following is applicable to whichever of the above test conditions is selected:

- 1) A limiting aperture of not more than 100 mm² shall be initially positioned such that the midpoint of the aperture is centred on the beam from the optical device.
- 2) The size of the limiting aperture shall be less than the beam width so that the optical radiation is partially blocked and does not exceed 100 mm².
- 3) The limiting aperture shall be positioned at the closest point of access to the output of the optical device. Alternatively, for optical devices recessed a given distance within the enclosure, the limiting aperture can be positioned this given distance from the optical device. This alternative approach requires that the enclosure complies with recognized types of protection for electrical apparatus designed to contain an internal ignition (such as a flameproof "d" enclosure according to IEC 60079-1), or where it is not to be expected that there are absorbing targets inside the enclosure according to the ignition hazard assessment (such as an IP 6X enclosure, pressurized "p" enclosure, restricted breathing "nR" enclosure, etc).
- 4) An optical detector (e.g. semiconductor sensor for monochromatic radiation – optical power meter – or thermopile sensor for non-monochromatic or spectrally variable optical sources) with a wider detection area than the limiting aperture is used to measure the maximum optical power passing through the limiting aperture.

- 5) These maximum optical power measurements are to be made with the limiting aperture centred on the beam and also while moving the aperture along the radiation field in case the beam power is not homogeneous.
- 6) Maximum optical irradiance is then calculated based on the maximum measured optical power through the limiting aperture divided by the area of the limiting aperture.
- 7) The maximum calculated optical irradiance value shall be less than or equal to the applicable maximum irradiance value from Table 2, Table 3 or Table 4.

In cases where the beam strength is not homogenous in the beam cross section area, measurements of the optical power with an aperture of up to 100 mm² shall be made to determine the maximum irradiance value.

If the maximum calculated optical irradiance value is not less than the applicable maximum irradiance value from Table 2, Table 3 or Table 4, then an evaluation can be performed to determine compliance with the requirements for 'Optical power' (see 5.2.2.2).

Consideration may be given to using a spectroradiometer or other suitable equipment to measure optical irradiance in place of a limiting aperture and optical detector.

5.2.3 Pulsed radiation

5.2.3.1 General

Optical pulse duration for Gc or Dc equipment may be determined based on modulation frequency and duty cycle ratings specified by the manufacturer. For example, pulse duration (or 'on-time') is equal to the product of the period (or 'time between pulses') and the duty cycle, with the period being equal to the inverse of the frequency.

Optical pulse duration for Ga, Gb, Da, Db, Ma or Mb equipment shall be measured under faults in accordance with the over-power/energy fault protection criteria required for 'Optical devices incorporating the inherently safe concept'. An electrical oscilloscope may be used to measure the pulse duration of the voltage at the input to the optical device under each fault condition.

The flow diagram in Annex E shows the assessment procedure for Group II.

5.2.3.2 Optical pulse duration of less than or equal to 1 s for Group II

For optical pulse duration of less than 1 ms, as determined in accordance with the applicable equipment protection level, the optical pulse energy shall not exceed the minimum spark ignition energy (MIE) of the respective explosive gas atmosphere.

For optical pulse duration from 1 ms to 1 s inclusive, as determined in accordance with the applicable equipment protection level, an optical pulse energy equal to 10 times the MIE of the explosive gas atmosphere shall not be exceeded.

For a single pulse, optical pulse energy is equal to the product of the average power and the optical pulse duration of that single pulse.

NOTE In accordance with the 'Comparison of measured minimum igniting optical pulse energy (Q_{e,pi,min}) at 90 µm beam diameter with auto ignition temperatures (AIT) and minimum ignition energies (MIE) from literature Table B.2, the applicable minimum spark ignition energy (MIE) is based on the equipment group subdivision.

The MIE values for the application of this standard are:

- Group IIA: 240 µJ
- Group IIB: 82 µJ
- Group IIC: 17 µJ

5.2.3.3 Optical pulse duration greater than 1 s for Group II

For optical pulse durations greater than 1 s, the peak power shall be measured in accordance with the 'Continuous wave radiation' requirements, and shall not exceed the safety levels for continuous wave radiation (see 5.2.2, Table 2 or Table 4). Regardless of the involved EPL, such pulses are considered as continuous wave radiation.

5.2.3.4 Additional requirements for optical pulse trains for Group II equipment

For optical pulse trains involving pulse duration less than or equal to 1 s, the following applies:

- 1) For all repetition rates, compliance with the single pulse criterion applies for each pulse.
- 2) For repetition rates above 100 Hz, the average power shall not exceed the safety levels for continuous wave radiation in Table 2 or Table 4.
- 3) For repetition rates at or below 100 Hz, the average power shall not exceed the safety levels for continuous wave radiation in Table 2 or Table 4 unless demonstrated to not cause ignition by tests according to Clause 6.

5.2.3.5 Additional requirements for optical pulses for Group I and Group III equipment

The output parameters of optical sources of equipment for EPL Ma or Mb and Da or Db shall not exceed 0.1 mJ/mm^2 for pulse lasers or pulse light sources with pulse intervals of at least 5 s.

The output parameters of optical sources of equipment of EPL Dc shall not exceed $0,5 \text{ mJ/mm}^2$ for pulse lasers or pulse light sources.

Radiation sources with pulse intervals of less than 5 s are regarded as continuous wave sources.

5.2.4 Ignition tests

Ignition tests to demonstrate inherent safety may be performed for Group II in special cases such as:

- beams of intermediate dimensions or pulse duration that may exceed the minimum optical ignition criteria but are still incapable of causing ignition;
- beams with complex time waveforms such that pulse energies and/or average power are not easily resolved;
- specific atmospheres, targets, or other specific applications that are demonstrably less severe than test conditions studied to date.

NOTE 1 These tests will be used only in very rare cases since they are quite expensive and require special test equipment. Not all testing stations working with this standard will have the necessary test equipment for ignition tests.

The test shall be done as specified in Clause 6 with 10 samples of the optical radiation source under worst case ambient conditions. The test is passed if there is no ignition during the 10 tests.

NOTE 2 Ignition tests for Group I and III are currently not specified.

5.2.5 Over-power/energy fault protection

5.2.5.1 General

Optical devices incorporating the inherently safe concept shall provide over-power/energy fault protection to prevent excessive beam strengths in explosive atmospheres. The risk/hazard analysis shall determine if additional limitation is required. The failure modes of

the optical source, the driver circuitry, and the intended EPL shall be considered during normal operation and during fault conditions to determine the requirement for additional limitation.

5.2.5.2 Self-limiting optical sources

Optical sources such as laser diodes, light-emitting diodes (LED) or lamps will fail if over-heated under over-power fault conditions. The thermal failure characteristic of certain optical sources provides the necessary over-power fault protection if a test of 10 samples shows that a defined fail-safe shutdown or foldback will occur (see 5.2.2.2 and 5.2.2.3). The highest obtained optical output power value of the 10 samples is to be taken as the maximum power or irradiance value. The thermal failure characteristic of such low power optical sources is acceptable to provide adequate over-power protection for any EPL.

5.2.5.3 Optical sources requiring power limiting circuitry

Where the beam strength of the optical device is limited by the driver circuitry, the faults to be considered apply to that circuitry and not to the optical device itself.

An LED current limited by the driver circuitry to values within the data sheet specifications is not considered to exceed the maximum forward voltage given in the data sheet for that current.

Faults to be considered include the opening or shorting of any component that could impact the beam strength of the optical device. Printed wiring board traces need not be considered for shorting because they comply with the creepage distance, clearance or through solid insulation requirements of the relevant general industrial standard.

Electrical circuits such as current and/or voltage limiters placed between the optical source and the electrical power source may provide over-power fault protection. Electrical over-power fault protection shall be provided to the degree necessary for the intended EPL (see e.g. IEC 60079-11 for an example methodology for conducting the fault analysis, but other methodologies may also be applied). For Ga, Da or Ma equipment, current and/or voltage limiters shall provide over-power fault protection in normal operation and after one or two countable faults are applied to the current and/or voltage limiter. For Gb, Db or Mb equipment, over-power fault protection shall be provided in normal operation and after one countable fault is applied to the current and/or voltage limiter. For Gc or Dc equipment the rated electrical values shall be taken without assuming any fault.

5.3 Requirements for protected optical radiation “op pr”

5.3.1 General

This concept requires radiation to be confined inside optical fibre or other transmission medium based on the assumption that there is no escape of radiation from the confinement. In this case the performance of the confinement defines the safety level of the system, “op pr”. Safety levels that are applicable include EPL Gb or Gc and Db or Dc and Mb. (see Table 1). Two options may be used, either 5.3.2 or 5.3.3.

All optical components shall be suitable for the ratings and temperature range for which they are used.

NOTE It is not a requirement of this standard that conformity to the specification of the components be verified.

5.3.2 Radiation inside optical fibre or cable

The optical fibre or cable protects the release of optical radiation into the atmosphere during normal operating conditions. For EPL Gb, Db or Mb protected optical fibre cables shall be used provided by additional armouring, conduit, cable tray, or raceway. For optical fibres or

cables, that exit the end-equipment enclosure, a pull test shall be performed according to IEC 60079-11.

Internal or external cables can be terminated/ spliced from one fibre (from a cable) to another fibre (in a new cable) by using dedicated coupler or joining kits giving a fixed termination. For external termination/splicing, the cable connection shall provide equivalent mechanical strength to that of the cable. The procedure to perform field connections shall be detailed in the instructions.

NOTE 1 This can be achieved by using mechanical clamping or snap connection.

For EPL Gc or Dc optical fibre or cables and internal pluggable factory connections that comply with the applicable industrial standard are suitable. External optical fibre or cable field connections shall comply with the external plug and socket outlet requirements from IEC 60079-0 suitable for the EPL.

For EPL Gb, Db or Mb, optical fibre or cables connected via internal pluggable factory connections shall comply with the pluggable connections requirements from IEC 60079-15. External optical fibre or cable field connections shall comply with the external plug and socket outlet requirements from IEC 60079-0 for the required EPL.

NOTE 2 Typical examples are connections in split-boxes.

NOTE 3 Optical fibre or cable alone is not Ex equipment.

5.3.3 Radiation inside enclosures

Ignition capable radiation inside enclosures is acceptable if the enclosure complies with recognised types of protection for electrical equipment designed to contain an internal ignition (flameproof "d" enclosure) according to IEC 60079-1, or where it is not to be expected that there are absorbing targets inside the enclosure according to the ignition hazard assessment (such as an IP 6X enclosure, pressurized "p" enclosure, restricted breathing "nR" enclosure, dust ignition protection by enclosure "t" etc.). It shall, however, be considered, that any non-inherently safe radiation that may leave the enclosure has to be protected according to this standard.

5.4 Optical system with interlock "op sh"

This type of protection is also applicable when the radiation is not inherently safe. The concept requires radiation to be confined inside an optical fibre or other transmission medium based on the assumption that there is no escape of radiation from the confinement under normal operating conditions.

Depending on the EPL, "op sh" requires the application of "op pr" principles, along with an additional interlock cutoff, as follows (see also Table 1):

- For Ga, Da or Ma "op sh" applications, protected fibre optic cable "op pr" for Gb/Db/Mb, along with a shutdown functional safety system based on ignition delay time of the explosive gas atmosphere, is required.
- For Gb, Db or Mb "op sh" applications, protected fibre optic cable "op pr" for Gc/Dc, along with a shutdown functional safety system based on eye protection delay times (IEC 60825-2), is required.
- For Gc or Dc "op sh" applications, unprotected fibre optic cable (not "op pr"), along with a shutdown functional safety system based on eye protection delay times (IEC 60825-2), is required.

The interlock cut-off shall operate if the protection by the confinement fails and the radiation becomes unconfined on time scales shorter than the ignition delay time or the delay time for eye protection.

The interlock cut-off delay time of equipment for use for Group I, Group IIA temperature class T1 and Group IIA temperature class T2 shall be less than the boundary curve of Figure 1 represented by the curve fit to minimum ignition delays with a safety factor of 2 included.

NOTE Ignition delay times are only identified for Group I, Group IIA temperature class T1 and Group IIA temperature class T2 in Figure 1. Therefore ignition delay times for other Group IIA applications or for any Group IIB and Group IIC applications necessitate additional testing and documentation to establish suitable times.

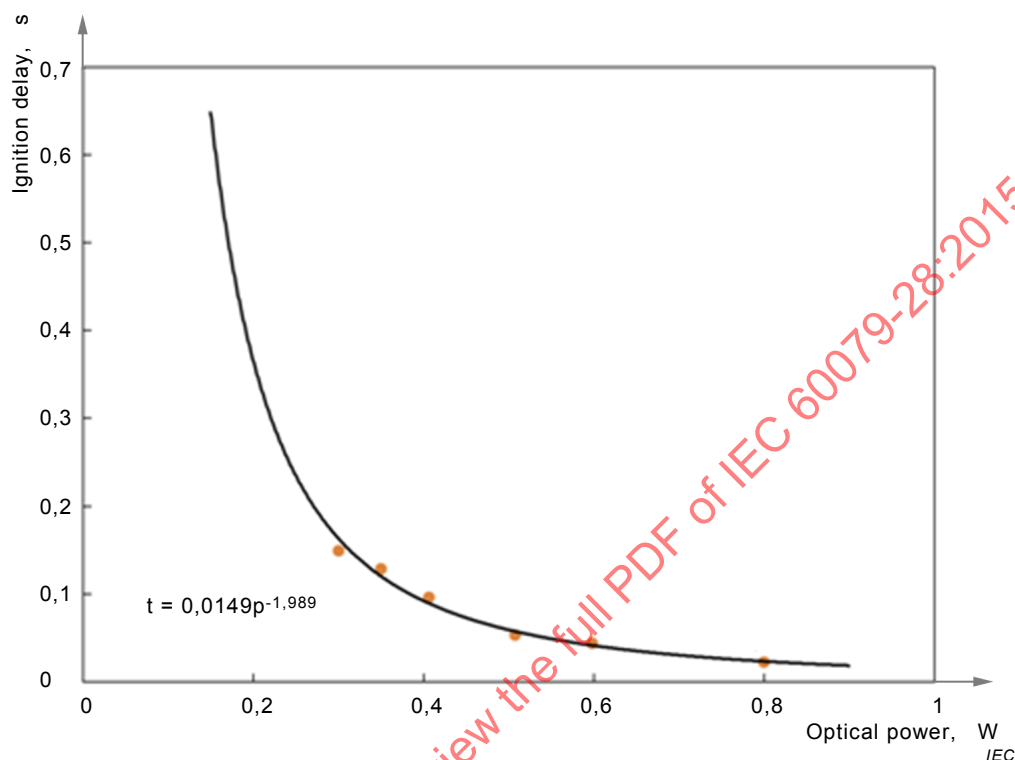


Figure 1 – Optical ignition delay times and safe boundary curve with safety factor of 2

The interlock cut-off shall be required to perform according to the requirements defined by the risk analysis. The methods given in appropriate standards (e.g. IEC 61508, IEC 61511) may be used to analyse equipment performance for the appropriate safety level. According to Table 1 the shutdown system is required to operate safely with one fault.

6 Type verifications and tests

6.1 Test set-up for ignition tests

6.1.1 General

All gas-air-mixtures within the test vessel shall be maintained during the test at a temperature of 40 (±3) °C, or at the maximum temperature of the specific application.

All gas-air-mixtures within the test vessel shall be maintained at an ambient pressure in accordance with IEC 60079-0.

6.1.2 Test vessel

A test vessel shall be used with a diameter greater than 150 mm, and a height above the absorber target (potential ignition source) greater than 200 mm.

6.1.3 Criteria to determine ignition

Ignition shall be considered to have occurred if a temperature rise of at least 100 K is measured by a 0,5 mm diameter thermocouple bead located 100 mm above the reference absorber, or if the appearance of a flame is visually observed.

6.2 Verification of suitability of test set-up for type tests

6.2.1 Reference gas

To check whether the test set-up is suitable for type tests according to 6.3, ignition tests shall involve a propane-air-mixture in accordance with the following:

- For continuous wave radiation and for pulsed wave radiation above 1 s duration: propane-air-mixture of either 5 % or 4 % by volume, quiescent mixture.
- For pulsed wave radiation equal to or less than 1 s and for all pulse trains: propane-air-mixture of 4 % by volume, quiescent mixture.

See Table A.1 for additional background on the application of the propane-air-mixture.

If the set-up is used only for either continuous wave or pulsed radiation, only the applicable of the two reference tests is necessary.

6.2.2 Reference absorber

Absorption at investigated wavelength above 80 %, to be applied on the transmission fibre tip (fibre optics), or compressed respectively applied to an inert substrate (free beam transmission).

NOTE Experiments show that for pulses in the micro and nanosecond range a carbon black absorber gives the lowest igniting pulse energies (absorption 99 %, combustible, high decomposition temperature) [1,4,6¹].

6.2.3 Reference test for continuous wave radiation and pulses above 1 s duration

The irradiated reference absorber shall be physically and chemically inert for the duration of the test. The absorber needs to have very high absorption to act as nearly a black body. The set-up shall be tested with the reference gas and absorber at $40\text{ °C} \pm 5\text{ K}$. For the testing of fibre optics, the absorber shall be applied to the fibre tip in a very thin layer (approximately 10 µm) (e.g. applied as a powder in suspension and dried afterwards). The reference values are given in Table A.1. The test setup is acceptable if the achieved ignition values are not more than 20 % above the data from Table A.1. The absorber shall be undamaged at the end of the test.

For the testing of free beam transmission the smallest diameter of the beam shall hit a plane layer of the target material applied to a substrate or in a compressed form as a pellet. The reference values are to be taken from Table A.1 for the respective beam diameter. The test setup is acceptable if the achieved ignition values are not more than 20 % above the data from Table A.1. The absorber shall be undamaged at the end of the test.

6.2.4 Reference test for pulsed radiation below 1 ms pulse duration

The irradiated reference absorber shall be irradiated from the front (free beam irradiation) during all pulse tests. For the testing of free beam transmission the smallest diameter of the beam shall hit a plane layer of the target material applied either to a substrate or to a compressed form as a pellet. The reference value for a beam diameter of 90 µm is 499 µJ pulse energy for pulses of 90 ns and 600 µJ for pulses of 30 ns. The set-up shall be tested

¹ Numbers in square brackets refer to the bibliography.

with the reference gas and absorber at $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ K}$. The test setup is acceptable if the achieved ignition values are not more than 20 % above the data from Table B.1.

NOTE Background information for the reference values are given in the bibliography [4].

6.3 Type tests

6.3.1 Ignition tests with continuous wave radiation and pulses above 1 s duration

The ignition tests for continuous wave radiation and for pulsed wave radiation above 1 s duration shall involve a gas-air-mixture in accordance with the following:

- For T6/IIC atmospheres: CS_2 in air, 1,5 % by volume, and Diethyl ether, 12 % by volume. If only diethyl ether is used, the minimum ignition powers or irradiances obtained shall be divided by a factor of 4 when applying the acceptance criteria.
- For T4/IIA, T4/IIB and T4/IIC atmospheres: diethyl ether, 12 % by volume.
- For T3/IIA and I atmospheres: propane in air, 5 % by volume.
- For special applications: the atmosphere under consideration.

6.3.2 Ignition tests with single pulses less than 1 ms duration

The ignition tests for pulsed wave radiation less than 1 ms duration shall involve a gas-air-mixture in accordance with the following:

- For IIC atmospheres: H_2 in air, 12 % and 21 % by volume, or CS_2 in air, 6,5 % by volume.
- For IIB atmospheres: ethene in air, 5,5 % by volume.
- For I and IIA atmospheres: diethyl ether, 3,4 % by volume, or propane in air, 4 % by volume. If propane in air is used, divide minimum ignition energies obtained with propane by 1,2 when applying the acceptance criteria.
- For special applications: the atmosphere under consideration.

6.3.3 Tests for pulse trains and pulses from 1 ms to 1 s duration

The ignition tests for pulsed wave radiation from 1 ms to 1 s and for all pulse trains shall involve a gas-air-mixture in accordance with the following:

- ignition tests performed with gas-air-mixtures in accordance with the above “pulsed wave radiation above 1 s duration”, followed by
- ignition tests performed with gas-air-mixture in accordance with the above “pulsed wave radiation less than 1 ms duration”.

6.3.4 Absorber targets for type tests

The absorber target shall be maintained at the same temperature as the gas-air-mixture.

When irradiated, the absorber target shall be physically and chemically inert for the duration of the test. It is necessary for the absorber to have very high absorption so as to act as nearly a black body.

For all optical transmission sources, the absorber target shall have an absorption property above 80 % at the involved wavelength. Additional background on the selection of the reference absorber is given below.

The absorber target shall be positioned at the closest point of access to the output of the optical source. For optical fibre transmission sources, the reference absorber shall be applied to the fibre tip in a very thin layer. For other than optical fibre transmission sources (free beam transmission), the reference absorber shall be applied in a very thin layer to an inert substrate, or compressed to form a pellet, and located at the output of the optical source.

Alternatively, for optical sources recessed a given distance within the enclosure, the absorber target can be positioned this given distance from the optical source. For all optical transmission sources, the absorber shall be applied in a very thin layer to an inert substrate, or compressed to form a pellet, and located this given distance from the output of the optical source. This alternative approach is only an option if the enclosure complies with recognised types of protection for electrical apparatus designed to contain an internal ignition (such as a flameproof "d" enclosure) according to IEC 60079-1, or where it is not to be expected that there are absorbing targets inside the enclosure according to the ignition hazard assessment (such as an IP 6X enclosure, pressurised "p" enclosure, restricted breathing "nR" enclosure, etc).

Application of this very thin layer shall be achieved by having the absorber begin as a powder in suspension, and then dried afterwards at a recommended thickness of approximately 10 µm.

NOTE Experiments show that for pulses in the micro and nanosecond range, a carbon black absorber gives lowest igniting pulse energies (absorption 99 %, combustible, high decomposition temperature) [17][22][24].

6.3.5 Test acceptance criteria and safety factors

Where ignition is considered to have occurred and the absorber is undamaged, these results can be treated as inherently safe data under the following conditions:

- A safety factor as follows is applied to the achieved igniting power:
 - For continuous wave radiation and for pulsed wave radiation greater than 1 s duration: A safety factor of 1,5 shall be applied.
 - For pulsed wave radiation less than or equal to 1 s and for pulse trains: A safety factor of 3 shall be applied.
- After application of this safety factor, the adjusted igniting power is not more than 20 % above the data from Table A.1.

Where no ignition is considered to have occurred (e.g. because the power or energy cannot be increased further more in the test) and the absorber is undamaged, these results can be treated as inherently safe data under the following conditions:

- A safety factor as follows is applied to the highest non incensive beam power as follows:
 - For continuous wave radiation and for pulsed wave radiation greater than 1 s duration: A safety factor of 1,5 shall be applied.
 - For pulsed wave radiation less than or equal to 1 s and for pulse trains: A safety factor of 3 shall be applied.
- After application of the above safety factors, the adjusted non-incensive beam power is not more than 20 % above the data from Table A.1.

Another possibility to obtain inherently safe beam strength data (including application of a safety factor) is to use an alternative reference gas that is more sensitive to ignition. As an example, for continuous wave radiation and for pulsed wave radiation greater than 1 s duration that is to be used in IIA/T3 atmospheres, this alternative test gas can be ethene (C₂H₄) up to a size of the beam area of about 2 mm². Ignition shall not be considered to have occurred at the end of the test and the absorber shall be undamaged.

NOTE As ignition by a small hot surface is a process containing considerable statistical deviations, a safety factor is justified. For the same reason, great care is to be applied when judging experiments as non-incensive because small variations in test parameters may influence the results remarkably.

7 Marking

The equipment using optical radiation shall include all markings required by the other applicable equipment protection techniques, if any, (such as flameproof enclosures, "d", and intrinsically safe apparatus, "i"). Electrical equipment, parts of electrical equipment, and Ex

components emitting optical radiation and protected by the types of protection specified in this standard shall be marked in accordance with IEC 60079-0, with the following additional marking:

- a) the symbol for the type of protection used:
 - “op is”: for inherently safe optical radiation;
 - “op pr”: for protected optical radiation;
 - “op sh”: for optical system with interlock.
- b) the symbol of the temperature class and Group and the suffixes A, B or C as stated in IEC 60079-0, but:

For equipment not suitable for installation in a hazardous area, but providing optical radiation, the marking for ‘Associated Equipment’ shall apply. If Table 2 requires a restriction of the temperature class, this shall be indicated following the type of protection.

Example: [Ex op is IIC T4 Gb]

Determining compliance with Table 2 may involve the use of a column from Table 2 for optical power or irradiance values associated with a temperature class other than the temperature class that is part of the Ex marking string for the other applicable electrical equipment protection technique(s). Only the more restrictive temperature class value shall be marked on the equipment. More than one temperature class marking shall not be allowed.

Examples of marking

- Equipment which conforms to EPL Ga:
Ex op is IIC T6 Ga
- Equipment which conforms to EPL Gb:
Ex op pr IIC T4 Gb
- Equipment, which is installed outside the hazardous area and provides optical radiation to the hazardous area, limit values taken from Table 2 or Table 4:
[Ex op is IIA T3 Ga]
- Equipment with an optical source protected by type of protection encapsulation ‘m’ and type of protection ‘op is’:
Ex mb op is IIC T4 Gb

The certificate shall identify the relevant EPL of the equipment (there may be more than one EPL for the different parts of the equipment).

Annex A (informative)

Reference test data

Table A.1 gives reference values for ignition tests with a mixture of propane in air at 40 °C mixture temperature. The absorber was attached to the end of an optical fibre and irradiated continuously.

**Table A.1 – Reference values for ignition tests with
a mixture of propane in air at 40 °C mixture temperature**

Fibre core diameter µm	Minimum igniting power at 1 064 nm (absorption: 83 %, 5 % propane by volume) mW	Minimum igniting power at 805 nm (absorption: 93 %, 4 % propane by volume) mW
62,5 (125 µm cladding)	250	
400	842	690
600		1 200
1 500		3 600
NOTE Other reference test data (e.g. for 8 µm core diameter, 1 550 nm wavelength) are currently not available		

Annex B (informative)

Ignition mechanisms²

The potential hazard associated with optics in the infrared and visible electromagnetic spectrum depends on:

- laser wavelength (absorption properties);
- absorber material (inert, reactive);
- fuel;
- pressure;
- irradiated area;
- irradiation time.

There are an immense number of combinations of these factors that will influence the hazard of optics in explosive atmosphere and at least the ignition mechanism. Worst case conditions arise when an absorber is present. When the dimensions of the radiation and/or the absorber fall below the quenching distance of the explosive gas, the ignition can be seen as a point ignition. However, radiation from the end of a fibre optic cable diverges rapidly and the irradiated area may reach dimensions of square centimetres. The conditions for ignition can be characterised in terms of the fundamental parameters energy, area and time.

	area tends to	time tends to	ignition criterion
(1)	zero	infinity	minimum power
(2)	infinity	infinity	minimum irradiance
(3)	zero	zero	minimum energy
(4)	infinity	zero	radiant exposure

Infinite time means continuous wave radiation. The research results for small and big areas are given in Table B.1, Figure B.1 and Figure B.2. In both regimes ignition takes place via hot surface ignition when the beam hits an absorber. The smaller the surface, the higher the igniting irradiance. This means that a smaller surface has to be heated to higher temperatures to cause an ignition. No ignition was observed below 50 mW optical power for all gas/vapour mixtures (excluding carbon disulfide). This supports the maximum permissible power value of 35 mW including a safety margin, which also has to consider the non-ideal grey body absorption of the inert absorber. Experiments with reactive absorbers (coal, carbon black and a toner) showed that even though they have higher absorption, they were less effective as ignition sources. The n-alkanes do not ignite below 200 mW (150 mW including safety margin). For bigger irradiated areas a permissible value of 5 mW/mm² is much more realistic than a restrictive power criterion.

In the small area short time regime a laser pulse can create an ignition source similar to an electric spark by a breakdown in air. It is known from the literature [10] that such spark with an energy approaching the electrical minimum ignition energy (MIE) is able to ignite an explosive mixture under optimised conditions (µs and ns pulses).

The effectiveness of this ignition process depends on

- pulse length and repetition rate;
- wavelength;

² The information provided in this annex is taken from [1].

- target (absorber) material;
- irradiance and radiant exposure.

Microsecond pulses and nanosecond pulses with energies close to the MIE were found to ignite explosive mixtures as shown in Table B.2. In this case the combustible carbon black target is the most effective absorber. The properties of carbon black support this breakdown in comparison to the inert material chosen in the continuous wave experiments (very high absorption, high decomposition temperature, electron-rich structure and combustibility). For pulses in the millisecond range without a breakdown process but heating of the target, ignition energies are more than one order of magnitude higher than the electrical MIE. Here the inert grey body is the ideal absorber. Pulses longer than 1 s should be treated as continuous wave radiation.

For pulse trains the ignition criterion for each individual pulse is the energy criterion given above when the pulse is less than 1 s. With higher repetition rates the previous pulse might have an influence on the behaviour of the irradiated area with the actual pulse. For repetition rates greater than 100 Hz, the average power should be restricted to the continuous wave limit. This limitation forces a maximum repetition rate for a defined pulse energy. The shorter the pulse, the higher the permissible peak power, but the longer the duty cycle. This gives time for cooling of the target or decay of a spark or plume of hot material. Experiments showed [4] that for nanosecond pulses in the range of the MIE (up to 400 μJ) a spark lifetime of more than 100 μs is not to be expected for a beam diameter of 90 μm . For long pulse duration > 1 s the peak power should be restricted to the corresponding cw-limit.

The remaining combination of fundamental parameters i.e. short times over infinite area can be evaluated by the results for the other regimes.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60079-28:2015

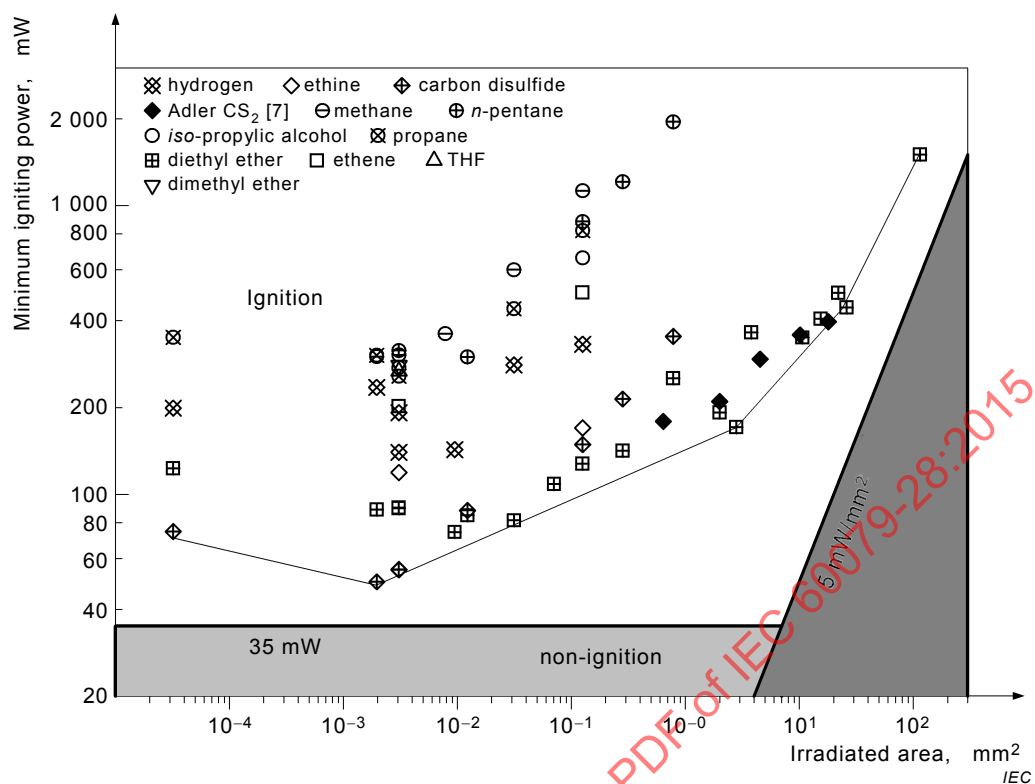
Table B.1 – AIT (auto ignition temperature), MESG (maximum experimental safe gap) and measured ignition powers of the chosen combustibles for inert absorbers as the target material ($\alpha_{1\,064\,nm}=83\%$, $\alpha_{805\,nm}=93$)³

Group acc. to IEC 60079- 0	Combustible in brackets: increased mixture temperature	AIT	MESG	Conc. comb. at min. ignition power	Min. ignition power	Min. ignition power	Conc. comb. at min. ignition power	Min. ignition power	Min. ignition power	Min. ignition power
				PTB* (1 064 nm)	62,5 µm fibre PTB (1 064 nm)	400 µm fibre PTB (1 064 nm)	HSL* (803 nm)	400 µm fibre HSL (803 nm)	600 µm fibre HSL (803 nm)	1 500 µm fibre HSL (803 nm)
		°C	mm	% vol.	mW	mW	% vol.	mW	mW	mW
IIA	methane	595	1,14	5,0	304	1 125	6,0	960	1650	5 000
	acetone	535	1,04	–	–	–	8	830	–	–
	2-propanol	425	0,99	4,5	273	660	–	–	–	–
	n-pentane	260	0,93	3,0	315	847	3,0	720	1100	3 590
	butane	410 (365)	(0,98)	–	–	–	4,6	680	–	–
	propane	470	0,92	5,0	250	842	4,0	690	1 200	3 600
	petrol unleaded	300 (350)	>0,9	–	–	–	4,3.	720	–	3 650
	n-heptane (110 °C)	220	0,91	3,0	–	502	–	–	–	–
	methane/ hydrogen	595	0,90	6,0	259	848	–	–	–	–
	diethyl ether/ n-heptane (110 °C)	200	0,90	4,0	–	658	–	–	–	–
IIB	tetra- hydrofuran	230	0,87	6,0	267	–	–	–	–	–
	diethyl ether	175	0,87	12,0	89	127	23,0	110	180	380
	propanal (110 °C)	190	0,84	2,0	–	617	–	–	–	–
	dimethyl ether	240	0,84	8	280	–	–	–	–	–
	ethene	425	0,65	7,0	202	494	7,5	530	–	2 007
	methane/ hydrogen	565	0,50	7,0	163	401	–	–	–	–
	carbon disulphide	95	0,37	1,5	50/24**	149	–	–	–	–
IIC	ethyne	305	0,37	25,0	110	167	–	–	–	–
	hydrogen	560	0,29	10,0	140	331	8,0	340	500	1 620

* HSL = Health and Safety Laboratory of the Health and Safety Executive (UK),
PTB = Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Germany)

** 24 mW was obtained for a combustible target (coal)

³ AIT and MESG were taken from [9].



NOTE The given values are for each combustible in its most easily ignitable mixture.

Figure B.1 – Minimum radiant igniting power with inert absorber target ($\alpha_{1064\text{ nm}}=83\%$, $\alpha_{805\text{ nm}}=93\%$) and continuous wave-radiation of 1064 nm

NOTE Data taken from [1],[7].

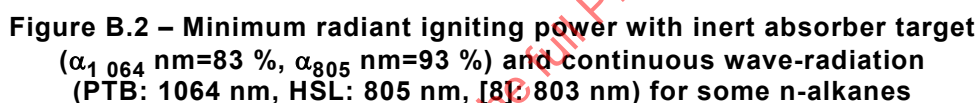


Table B.2 – Comparison of measured minimum igniting optical pulse energy ($Q_{e,p}^{i,min}$) at 90 μm beam diameter with auto ignition temperatures (AIT) and minimum ignition energies (MIE) from literature [9] at concentrations in percent by volume (ϕ)

Fuel	$Q_{e,p}^{i,min}$ μJ	ϕ %	AIT °C	MIE μJ	ϕ^{MIE} %	$Q_{e,p}^{i,min} / MIE$
70 μs spiked Pulse						
n-Pentane	669	3	260	280	3,3	2,4
	>55 000	6,4				
propane	784	5,5	470	240	5,2	3,3
diethyl ether	661	3,4	175	190	5,2	3,5
	1285	5,2				6,8
ethene	218	5,5	425	82	6,5	2,7
hydrogen	88	21	560	17	28	5,2
carbon disulfide	79	6,5	95	9	8,5	9,3
Nanosecond Pulses (20 ns to 200 ns)						
propane	499	4,0	470	240	5,2	2,1
ethene	179	5,5	425	82	6,5	2,2
hydrogen	44	12	560	17	28	2,6
	46	21				2,7

NOTE The target material was carbon black.

Annex C (normative)

Ignition hazard assessment

In all cases, where optical radiation is to be considered, the ignition hazard assessment shall be the first step. If the assessment shows that no ignition is to be expected, the further application of this standard is not necessary.

An explosive atmosphere can be ignited by optical radiation provided that the beam strength exceeds an inherently safe level and an absorbing solid exists in the beam that can cause a hot spot and an ignition source accordingly, or in case of pulses the conditions for a breakdown apply (threshold irradiance exceeded). See Figure C.1.

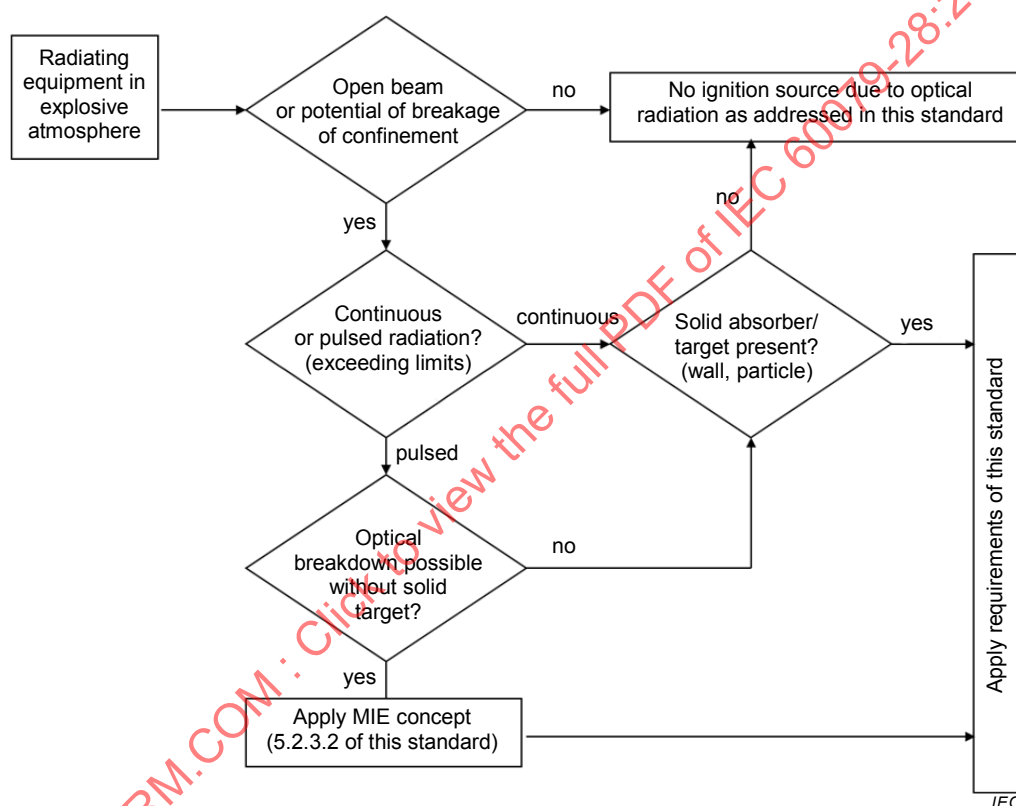


Figure C.1 – Ignition hazard assessment

Where these conditions for an ignition do not apply, an ignition hazard does not exist within the scope of this standard.

It is important to understand that even open radiation exceeding the inherently safe level does not itself lead to ignition, as additional provisions are necessary to start an ignition process. This is different from the situation of the electrical spark ignition process.

As an example, a gas analysis system where in the beam there is no absorbing target that can be heated up to be an ignition source may not create an ignition hazard with respect to the optical radiation. In this specific case, there will be absorption of optical energy in the mixture itself, but it can be easily demonstrated in most cases that there is no heating of the mixture to such an extent that it will be ignited.

The ignition hazard assessment also applies to the use of the protection concepts themselves. Where an enclosure for the beam is used that does not allow solid materials to

enter it – although it allows the explosive atmosphere to enter – an optical ignition source is prevented inside this enclosure, provided inside the enclosure there exists no other solid absorber which may enter the optical beam.

If a fibre breakage is assumed, where the concept of interlock with the breakage detection is used, it may be safe to use the shut down times allowed for eye protection (IEC 60825-2: 2010 – *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)*), if it is improbable that the beam will hit a target with an incendive intensity during the shutdown time.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60079-28:2015

Annex D (informative)

Typical optical fibre cable design

Figures D.1 and D.2 show the typical optical fibre cable design.

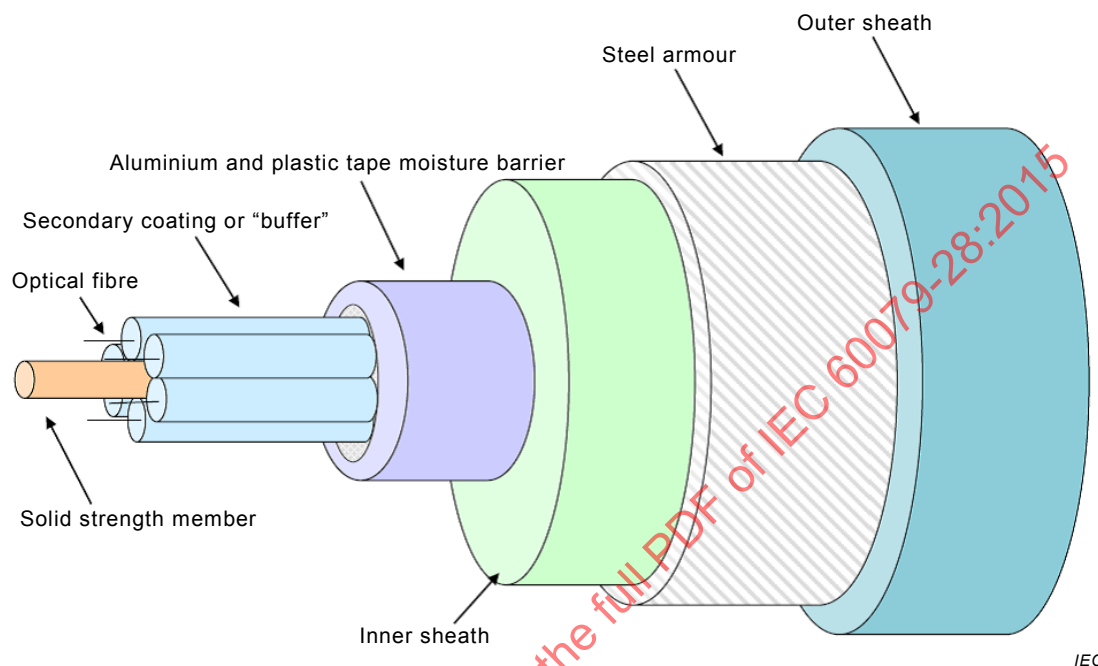


Figure D.1 – Example Multi-Fibre Optical Cable Design For Heavy Duty Applications

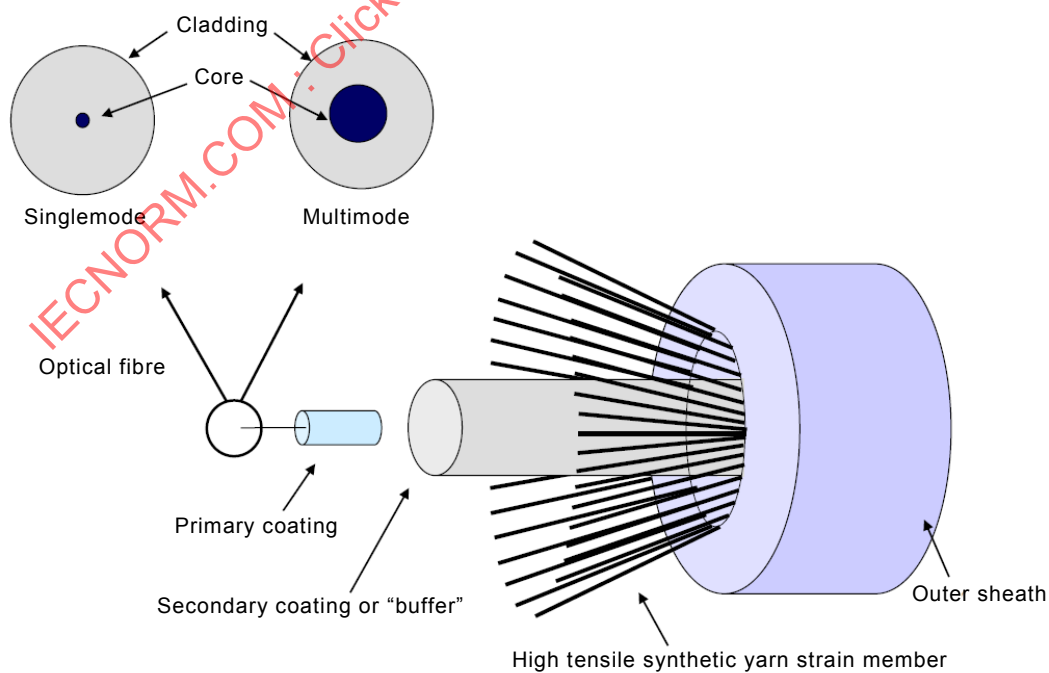
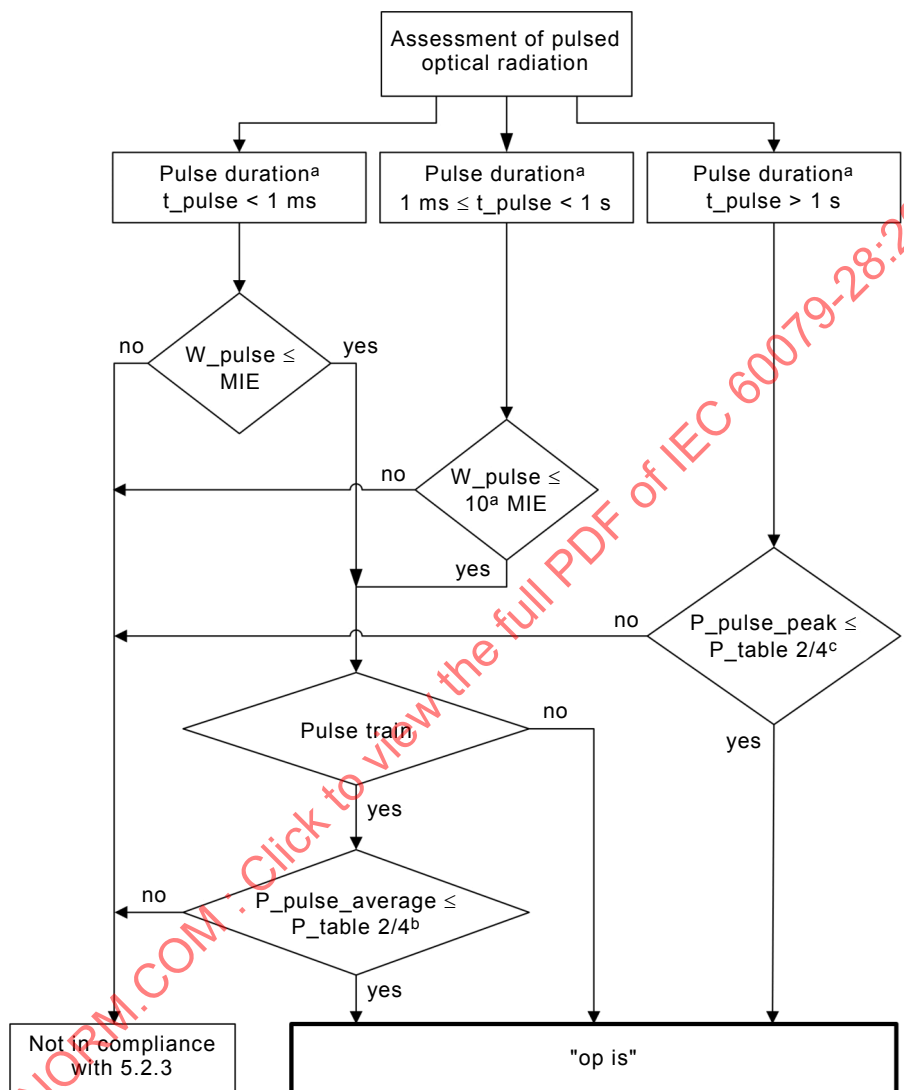


Figure D.2 – Typical Single Optical Fibre Cable Design

Annex E (normative)

Flow diagram for the assessment of pulses

Figure E.1 gives a flow diagram for the assessment of pulses according to 5.2.3.



IEC

^a Applies to single pulses AND pulse trains

^b For repetition rates at or below 100 Hz the ignition test according to Clause 6 is optionally permitted

^c The peak power $P_{\text{pulse_peak}}$ of a single pulse is always equal or less than the average power $P_{\text{pulse_average}}$ of a pulse train. Therefore the additional requirement for pulse trains is fulfilled

Figure E.1 – Flow diagram for the assessment of pulses according to 5.2.3

Bibliography

- [1] Carleton, F.B., Bothe, H., Proust, C., and Hawksworth, S., *Prenormative Research on the Use of Optics in Potentially Explosive Atmospheres*, European Commission Report EUR 19617 EN, 2000
- [2] McGeehin, P., *Optical Techniques in Industrial Measurements: Safety in Hazardous Environments*, European Commission Report EC 16011 EN, 1995
- [3] Welzel, M.M., *Entzündung von explosionsfähigen Dampf/Luft- und Gas/Luft-Gemischen durch kontinuierliche optische Strahlung*, PTB-Report W-67, ISBN 3-89429-812-X, 1996
- [4] Schenk, S., *Entzündung explosionsfähiger Atmosphäre durch gepulste optische Strahlung*, PTB-Report Th-Ex 17, ISBN 3-89701-667-2, 2001
- [5] Welzel, M.M., Schenk, S., Hau, M., Cammenga, H.K., and Bothe, H., J. Hazard. Mater. A72:1 (2000)
- [6] Schenk, S., Bothe, H., and Cammenga, H.K., in Bradley, D., Proc. *Third International Seminar on Fire and Explosions Hazards 2000*, 2001, p. 495
- [7] Adler, J., Carleton, F.B. and Weinberg, F.J., Proc. R. Soc. Lond. A (1993) 440, 443-460
- [8] Dubaniewicz, T.H., Cashdollar, K.L., Green, G.M. and Chaiken, R.F., J. Loss Prevent. Proc. 13: 349-359 (2000)
- [9] DECHEMA, PTB, BAM: ChemSafe, Sicherheitstechnische Datenbank, Karlsruhe. STN Datenbank, 1995
- [10] Syage, J.A., Fournier, E.W., Rianda, R. and Cohen, R.B., J. Appl. Phys. 64:1499
- [11] A. J. Wilday, A. M. Wray, F. Eickhoff, M. Unruh, S. Halama, E. Fae, E. Conde Lazaro, P Reina Perbal
- [12] *Determination of Safety Categories of Electrical Devices Used in Potentially Explosive Atmospheres (SAFEC) Contract SMT4-CT98-2255*, <http://www.prosicht.com/EC-Projects/SAFEC/finalrp4.pdf> (Safetynet, Prosicht, Germany, 2000)
- [13] ANSI/ISA-TR12.21.01-2004, *Use of Fiber Optic Systems in Class I Hazardous (Classified) Locations*. ISA, Research Triangle Park, North Carolina, USA, 2004
- [14] T.H. Dubaniewicz Jr., *Threshold powers and delays for igniting propane and butane-air mixtures by cw laser-heated small particles*. J. Laser Appl. 18, 312 (2006) <http://www.cdc.gov/niosh/mining/pubs/pdfs/tpadf.pdf>
- [15] T. H. Dubaniewicz Jr., *Methane-air mixtures ignited by CW laser-heated targets on optical fiber tips: Comparison of targets, optical fibers, and ignition delays*. J Loss Prev Process Ind 2006 Sep; 19(5):425-432 <http://www.cdc.gov/niosh/mining/pubs/pubreference/outputid2096.htm>
- [16] IEC 60050-393, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 393: Nuclear instrumentation – Physical phenomena and basic concepts*
- [17] IEC 60050-845, *International Electrotechnical Vocabulary. Lighting*

- [18] IEC 60079-2, *Explosive atmospheres – Part 2: Equipment protection by pressurized enclosure "p"*
 - [19] IEC 60079-10-1, *Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres*
 - [20] IEC 60079-10-2, *Explosive atmospheres – Part 10-2: Classification of areas – Explosive dust atmospheres*
 - [21] IEC 60079-31, *Explosive atmospheres – Part 31: Equipment dust ignition protection by enclosure "t"*
 - [22] IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*
 - [23] IEC 60825-1, *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*
 - [24] IEC 61511 (all parts), *Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector*
 - [25] IEC 60050-426, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 426: Equipment for explosive atmospheres*
 - [26] IEC 60050-731, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 731: Optical fibre communication*
-

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60079-28:2015

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

IEC 60079-28 Edition 2.0 2015-05

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

Partie 28: Protection du matériel et des systèmes de transmission utilisant le rayonnement optique

FEUILLE D'INTERPRÉTATION 1

Cette feuille d'interprétation a été établie par le comité d'études 31 de l'IEC: Equipements pour atmosphères explosives.

Le texte de cette feuille d'interprétation est issu des documents suivants:

DISH	Rapport de vote
31/1496/DISH	31/1508/RVDISH

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

Feuille d'interprétation concernant le 6^e alinéa du Domaine d'application de l'IEC 60079-28:2015 (Édition 2)

Diverses interprétations sont proposées par le personnel de l'IECEx ExCB - et ExTL concernant la prise en compte du risque d'inflammation provenant de sources optiques, et l'applicabilité de l'IEC 60079-28 dans le contexte du Paragraphe 6.6.4 de l'IEC 60079-0:2017. En plus de l'assistance fournie à ce jour sur la feuille de décision DS2018/004 de l'IECEx, la Liaison avec l'IECEx a indiqué qu'une feuille d'interprétation traitant de l'applicabilité de l'IEC 60079-28 est requise pour clarifier quel équipement relève ou non du domaine d'application.

Cette interprétation est mise à disposition pour l'Édition 2 de la présente norme en raison de l'utilisation actuelle de cette norme par les fabricants, les systèmes d'évaluation de la conformité et les organismes nationaux au moyen de la présente "Feuille d'interprétation" comme suit :

Détails de l'interprétation:

IEC 60079-28:2015 (Édition 2: Protection du matériel et des systèmes de transmission utilisant le rayonnement optique)

Interprétation du 6^e alinéa du Domaine d'application:

Question: Le 6^e alinéa comprenant les points 1) à 5) décrit le matériel exclu du domaine d'application de la présente norme. La signification des exceptions énoncées est ambiguë. Par conséquent, il est possible que l'IEC 60079-28 ne soit pas appliquée dans toutes les situations où elle est pertinente. En outre, la confusion potentielle peut être accentuée par le libellé des exceptions.

Quand convient-il d'appliquer les exigences de l'IEC 60079-28 aux matériels Ex, y compris les ensembles de matériels et les composants Ex qui comprennent une source de rayonnement optique basée sur le Paragraphe 6.6.4 "Lasers, luminaires et autres sources optiques à ondes continues non divergentes" figurant dans l'IEC 60079-0:2017 (édition 7)?

Interprétation:

La présente norme s'applique

- i) *aux matériels à laser;*
- ii) *aux matériels à fibres optiques; et également*
- iii) *à toute autre source ou tout autre faisceau de lumière convergente dans lequel la lumière est focalisée en un seul point à l'intérieur de l'emplacement dangereux.*

NOTE 2 Certains éléments optiques tels que les lentilles et les réflecteurs sont en mesure de convertir la lumière divergente en un faisceau convergent.

Cette norme ne s'applique pas:

- 1) *aux matériels à laser pour les applications EPL Mb, Gb ou Gc et Db ou Dc qui sont conformes aux limites de la Classe 1 conformément à l'IEC 60825-1;*

NOTE 3 Les limites de Classe 1 référencées sont celles qui impliquent des limites d'émissions inférieures à 15 mW mesurées à une certaine distance de la source de rayonnement optique conformément à l'IEC 60825-1, cette distance mesurée étant reflétée dans l'application Ex.

- 2) *aux sources ou faisceaux de lumière divergents dans lesquels la lumière n'est pas focalisée dans la zone dangereuse ;*
- 3) *aux câbles à une ou plusieurs fibres optiques ne faisant pas partie du matériel à fibres optiques si les câbles :*
 - a) *sont conformes aux normes industrielles pertinentes, avec des moyens de protection supplémentaires, par exemple, câblage robuste, conduit ou chemin de câbles robuste (pour EPL Gb, Db, Mb, Gc ou Dc),*
 - b) *sont conformes aux normes industrielles pertinentes (pour EPL Gc ou Dc).;*
- 4) *aux sources de rayonnement optique telles que définies en i. à iii. ci-dessus, lorsque le rayonnement optique est entièrement confiné dans une enveloppe conforme à l'un des modes de protection suivants adaptés à l'EPL, ou à la valeur minimale de protection contre la pénétration spécifiée:*

- a) *les enveloppes antidéflagrantes "d" (IEC 60079-1); ou*

NOTE 4 Une enveloppe antidéflagrante "d" est adaptée, car une inflammation due au rayonnement optique en combinaison avec des absorbeurs à l'intérieur de l'enveloppe est confinée.

- b) *les enveloppes "p" sous pression (IEC 60079-2); ou*

NOTE 5 Une enveloppe à surpression interne "p" est adaptée, car il existe une protection contre la pénétration d'une atmosphère explosive.

- c) l'enveloppe à respiration limitée "nR" (IEC 60079-15); ou

NOTE 6 Une enveloppe à respiration limitée "nR" est adaptée, car il existe une protection contre la pénétration d'une atmosphère explosive.

- d) les enveloppes "t" de protection contre les poussières (IEC 60079-31); ou

NOTE 7 Une enveloppe "t" de protection contre les poussières est adaptée, car il existe une protection contre la pénétration d'une atmosphère explosive poussiéreuse.

- e) une enveloppe procurant une protection minimale de degré IP 6X contre la pénétration et où aucun absorbeur interne n'est prévu et conforme aux "essais des enveloppes" de l'IEC 60079-0.

NOTE 8 Une enveloppe procurant une protection minimale de degré IP 6X contre la pénétration et conforme aux "Essais des enveloppes" de l'IEC 60079-0 est appropriée, car il existe une protection contre la pénétration des absorbeurs. Lorsque les enveloppes sont ouvertes, il est prévu que soit évitée l'entrée de tout absorbeur.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60079-28:2015

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	42
INTRODUCTION	46
1 Domaine d'application	48
2 Références normatives	49
3 Termes et définitions	49
4 Exigences générales	52
5 Modes de protection	52
5.1 Généralités	52
5.2 Exigences pour les rayonnements optiques à sécurité intrinsèque "op is"	53
5.2.1 Généralités	53
5.2.2 Rayonnement d'onde entretenue	54
5.2.3 Rayonnement à impulsions	57
5.2.4 Essais d'inflammation	59
5.2.5 Protection contre les défauts de surpuissance et d'énergie	59
5.3 Exigences pour rayonnement optique protégé "op pr"	60
5.3.1 Généralités	60
5.3.2 Rayonnement à l'intérieur d'une fibre optique ou d'un câble	60
5.3.3 Rayonnement à l'intérieur des enveloppes	61
5.4 Système optique avec asservissement "op sh"	61
6 Vérification et essais de type	62
6.1 Montage d'essai pour essais d'inflammation	62
6.1.1 Généralités	62
6.1.2 Récipient d'essai	62
6.1.3 Critères de détermination de l'inflammation	62
6.2 Vérification de l'adaptation du montage d'essai aux essais de type	63
6.2.1 Gaz de référence	63
6.2.2 Absorbeur de référence	63
6.2.3 Essai de référence pour rayonnement d'onde entretenue et à impulsions d'une durée supérieure à 1 s	63
6.2.4 Essai de référence pour le rayonnement à impulsions d'une durée inférieure à 1 ms	63
6.3 Essais de type	64
6.3.1 Essais d'inflammation avec rayonnement d'onde entretenue et à impulsions d'une durée supérieure à 1 s	64
6.3.2 Essais d'inflammation avec impulsions uniques d'une durée inférieure à 1 ms	64
6.3.3 Essais pour trains d'impulsions et impulsions d'une durée comprise entre 1 ms et 1 s	64
6.3.4 Cibles d'absorbeur pour les essais de type	64
6.3.5 Critères d'acceptation d'essai et facteurs de sécurité	65
7 Marquage	66
Annexe A (informative) Données d'essai de référence	68
Annexe B (informative) Mécanismes d'inflammation	69
Annexe C (normative) Évaluation du danger d'inflammation	74
Annexe D (informative) Conception type de câbles à fibres optiques	76
Annexe E (normative) Schéma fonctionnel pour l'évaluation des impulsions	77

Bibliographie.....	78
Figure 1 – Retards d'inflammation optique et courbe de limite de sécurité avec un facteur de sécurité de 2	62
Figure B.1 – Puissance d'inflammation rayonnante minimale avec cible d'absorbeur inerte ($\alpha_{1\,064\text{ nm}} = 83\%$, $\alpha_{805\text{ nm}} = 93\%$) et rayonnement d'onde entretenue de 1064 nm	72
Figure B.2 – Puissance d'inflammation rayonnante minimale avec cible d'absorbeur inerte ($\alpha_{1\,064\text{ nm}} = 83\%$, $\alpha_{805\text{ nm}} = 93\%$) et rayonnement d'onde entretenue (PTB: 1 064 nm, HSL: 805 nm, [8]: 803 nm) pour certains n-alkylbenzènes	73
Figure C.1 – Évaluation du danger d'inflammation	74
Figure D.1 – Exemple de conception de câble optique multifibre pour applications à haut rendement.....	76
Figure D.2 – Conception type de câble à fibre optique unique.....	76
Figure E.1 – Schéma fonctionnel pour l'évaluation des impulsions selon 5.2.3.....	77
Tableau 1 – EPL atteints par l'application des modes de protection pour les systèmes optiques.....	53
Tableau 2 – Puissance optique et éclairage sûrs pour le matériel des Groupes I et II, par catégorie de groupe de matériel et de classe de température	54
Tableau 3 – Puissance optique et éclairage sûrs pour le matériel du Groupe III	55
Tableau 4 – Valeurs limites sûres pour surface intermédiaire, Groupe I ou II, puissance constante, atmosphères T1 à T4, Groupes de matériels IIA, IIB ou IIC (données dérivées de la Figure B.1 avec facteur de sécurité).....	55
Tableau A.1 – Valeurs de référence pour essais d'inflammation avec un mélange de propane dans l'air à une température mélange de 40 °C.....	68
Tableau B.1 – AIT (température d'auto inflammation), MESG (intervalle de sécurité expérimental maximal) et puissances d'inflammation mesurées des combustibles choisis pour absorbeurs inertes comme matériau cible ($\alpha_{1\,064\text{ nm}} = 83\%$, $\alpha_{805\text{ nm}} = 93\%$)	71
Tableau B.2 – Comparaison de l'énergie d'impulsion optique d'inflammation minimale mesurée ($Q_{e,p}^{i,min}$) à faisceau de diamètre de 90 μm avec des températures d'auto inflammation (AIT) et des énergies d'inflammation minimales (MIE) de la bibliographie [9] à des concentrations en pourcentage par volume (φ)	73

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

**Partie 28: Protection du matériel et des systèmes
de transmission utilisant le rayonnement optique**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC 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 IEC 60079-28 a été établie par le comité d'études 31 de l'IEC: Équipements pour atmosphères explosives.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 2006. Cette édition constitue une révision technique.

Le contenu des modifications entre l'IEC 60079-28, édition 2.0 (2015) et l'IEC 60079-28, édition 1.0 (2006) est précisé ci-dessous:

Signification des modifications par rapport à l'IEC 60079-28:2006

		Type		
Modifications majeures	Article / paragraphe	Modifications mineures et rédactionnelles	Extension	Modifications techniques majeures
Domaine d'application: Extension incluant le Groupe III et les EPL Da, Db et Dc	1		x	
Domaine d'application: Clarification et liste des exclusions pour les sources de rayonnement optique	1		x	
Références normatives: Suppression de l'IEC 60079-10 et ajout de l'IEC 60050-426 et de l'IEC 60050-731	2	x		
Termes et définitions: Suppression de quelques définitions non utilisées dans la norme. Ajout de nouvelles définitions	3	x		
Exigences générales: Introduction d'une évaluation des dangers d'inflammation déplacée à l'Article 4, ajout de l'énoncé pour la présence d'absorbeurs, Suppression de l'explication des EPL	4	x		
Tableau 1: Déplacement de la comparaison entre EPL et modes de protection de 5.5 à 5.1, tableau modifié et étendu	5.1	x	x	
Modification de la structure du Tableau 2 et extension de l'explication dans les notes, mais avec les mêmes valeurs limites	5.2.2.1	x		
Ajout du Tableau 3 pour le Groupe III	5.2.2.1		x	
Le Tableau 4 remplace la Figure 1 pour une meilleure application	5.2.2.1	x		
Ajout des exigences détaillées pour le mesurage de la puissance optique	5.2.2.2		x	
Ajout des exigences détaillées pour le mesurage de l'éclairement optique	5.2.2.3		x	
Ajout de nombreux détails sur les exigences pour l'évaluation des impulsions optiques pour le Groupe II	5.2.3.1 5.2.3.2 5.2.3.3 5.2.3.4	x		
Ajout des exigences pour l'évaluation des impulsions optiques pour le Groupe I et le Groupe III	5.2.3.5		x	
Essais d'inflammation: Ajout des notes 1 et 2	5.2.4	x		
Protection contre les défauts de surpuissance et d'énergie: Modification du titre et de la formulation pour plus de clarté	5.2.5	x		
Rayonnements à l'intérieur de la fibre ou du câble optique: ajout des exigences, par exemple essai de traction	5.3.2			C1
Rayonnement à l'intérieur des enveloppes: Ajout des enveloppes IP 6X, des enveloppes "p" ou "t"	5.3.3		x	
Système optique avec asservissement "op sh" Suppression du Tableau 3, ajout du retard de coupure asservie sur la Figure 1	5.4		x	
Vérifications et essais de type: modification de la structure (rédactionnelle, sans modification des exigences)	6	x		
Marquage: Suppression des marquages requis par l'IEC 60079-0. Exemples de marquage: ajout de l'exemple avec la combinaison de op is et d'autres modes de protection	7	x		

		Type		
Modifications majeures	Article / paragraphe	Modifications mineures et rédactionnelles	Extension	Modifications techniques majeures
Évaluation des dangers d'inflammation: Modification du schéma fonctionnel de la Figure C.1 pour une meilleure compréhension	Annexe C	x		
Suppression de l'ancienne Annexe E (Présentation des EPL). La nouvelle Annexe E présente un schéma fonctionnel pour l'évaluation des impulsions conformément à 5.2.3	Annexe E	x		
Déplacement des normes IEC pertinentes à l'Article 2	Ancien-nement Annexe F	x		

Explication des types de modifications significatives:

A) Définitions

1) Modifications mineures et rédactionnelles

- Clarification
- Assouplissement des exigences techniques
- Modification technique mineure
- Corrections d'ordre rédactionnel

Il s'agit de modifications techniques mineures ou d'ordre rédactionnel, apportées aux exigences. Elles comportent des modifications de la formulation permettant de clarifier les exigences techniques sans aucune modification technique ou d'assouplir le niveau de l'exigence existante.

2) Extension:

Addition d'options techniques

Il s'agit de modifications qui ajoutent de nouvelles exigences techniques ou modifient les existantes pour proposer de nouvelles options sans augmenter pour autant le niveau des exigences pour les matériels totalement conformes à la norme précédente. Ces modifications ne sont donc pas à prendre en compte pour les produits conformes à l'édition précédente.

3) Modifications techniques majeures:

- addition d'exigences techniques
- augmentation du niveau des exigences techniques

Il s'agit de modifications apportées aux exigences techniques (addition, augmentation ou assouplissement du niveau) permettant d'indiquer qu'un produit conforme à l'édition précédente n'est pas toujours en mesure de satisfaire aux exigences données dans la dernière édition. Ces modifications sont à prendre en compte pour les produits conformes à l'édition précédente. Concernant ces modifications, des informations supplémentaires sont données dans l'Article B) ci-dessous.

NOTE Ces modifications représentent les connaissances technologiques actuelles. Il convient néanmoins que ces modifications n'aient en principe pas d'influence sur les matériels déjà commercialisés.

B) Informations de base concernant les 'modifications techniques majeures'

C1 En ce qui concerne le concept de protection "rayonnement protégé op pr", certaines exigences comme un essai de traction pour les fibres ou les câbles optiques ont été ajoutées.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
31/1178/FDIS	31/1193/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60079, publiées sous le titre général *Atmosphères explosives*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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 l'IEC 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.

Le contenu de la feuille d'interprétation de novembre 2019 a été pris en considération dans cet exemplaire.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60079-28:2015

INTRODUCTION

Les matériels optiques sous forme de lampes, lasers, diodes électroluminescentes (LED), fibres optiques, etc. sont de plus en plus utilisés dans la communication, la surveillance, la détection et le mesurage. Dans les traitements de matériau, des rayonnements optiques de fort éclairage sont utilisés. Lorsque l'installation est située dans ou à proximité d'atmosphères explosives, le rayonnement d'un tel matériel peut traverser ces atmosphères. Selon ses caractéristiques, le rayonnement peut alors être capable d'enflammer une atmosphère explosive environnante. La présence ou l'absence d'absorbeurs supplémentaires tels que des particules, a une influence significative sur l'inflammation.

Il existe quatre mécanismes possibles d'inflammation.

- a) Le rayonnement optique est absorbé par les surfaces ou particules, provoquant leur échauffement et, dans certaines circonstances, celles-ci peuvent atteindre une température qui amorce l'inflammation de l'atmosphère explosive environnante.
- b) L'inflammation thermique d'un volume de gaz, où la longueur d'onde optique correspond à une bande d'absorption du gaz ou de la vapeur.
- c) L'inflammation photochimique due à la photodissociation des molécules d'oxygène par le rayonnement dans l'étendue des longueurs d'onde des ultraviolets.
- d) Le craquage direct d'un gaz ou de la vapeur par laser, au point de focalisation d'un faisceau puissant, produisant un plasma et une onde de choc, les deux agissant en définitive comme source d'inflammation. Ces processus peuvent prendre naissance dans un matériau solide proche de son point de craquage.

En pratique, le cas le plus probable d'inflammation à partir de la puissance minimale d'inflammation d'un rayonnement est le cas a). Dans certaines conditions pour le rayonnement à impulsions, le cas d) devient applicable. La présente norme traite ces deux cas. Il convient que les mécanismes d'inflammation b) et c) expliqués ci-dessus soient connus de tous; ils ne sont cependant pas repris dans la présente norme à cause de la situation très particulière du rayonnement ultraviolet et des propriétés d'absorption de la plupart des gaz (voir Annexe A).

La présente norme décrit les précautions à prendre et les exigences lors de l'utilisation de matériels transmettant des rayonnements optiques dans des atmosphères explosives gazeuses ou poussiéreuses. Elle souligne également une méthode d'essai, qui peut être utilisée dans les cas particuliers pour vérifier qu'un faisceau n'est pas capable d'inflammation dans des conditions d'essai choisies, si les valeurs limites optiques ne peuvent pas être garanties par l'évaluation ou le mesurage de la force du faisceau.

Il existe des matériels ne relevant pas du domaine d'application de la présente norme du fait que le rayonnement optique associé à ces matériels n'est pas considéré comme un risque d'inflammation pour les raisons suivantes:

- en raison d'une faible puissance rayonnée ou d'une lumière divergente, et
- étant donné que les surfaces chaudes, créées en raison d'une trop faible distance entre la source de rayonnement et un absorbeur, sont déjà couvertes par les exigences générales des matériels d'éclairage.

Dans la plupart des cas, le matériel optique est associé à un matériel électrique, et lorsque le matériel électrique est situé dans une zone dangereuse, d'autres parties de la série IEC 60079 s'appliquent également. La présente norme fournit des lignes directrices relatives:

- a) aux dangers d'inflammation associés aux systèmes optiques situés dans des atmosphères explosives telles que définies dans l'IEC 60079-10-1 et l'IEC 60079-10-2, et,
- b) à la surveillance des dangers d'inflammation des matériels utilisant le rayonnement optique dans des atmosphères explosives.

La présente norme est relative au système intégré utilisé pour surveiller le danger d'inflammation des matériels utilisant le rayonnement optique dans des atmosphères explosives.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60079-28:2015

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

Partie 28: Protection du matériel et des systèmes de transmission utilisant le rayonnement optique

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60079 spécifie les exigences, les essais et le marquage du matériel émettant des rayonnements optiques destiné à être utilisé dans des atmosphères explosives. Elle couvre également le matériel situé à l'extérieur de l'atmosphère explosive ou protégé par un mode de protection indiqué dans l'IEC 60079-0, mais qui génère des rayonnements optiques qui sont destinés à pénétrer dans une atmosphère explosive. Elle couvre les Groupes I, II et III, et les EPL Ga, Gb, Gc, Da, Db, Dc, Ma et Mb.

La présente norme contient des exigences pour le rayonnement optique dans l'étendue de longueur d'onde de 380 nm à 10 µm. Elle couvre les mécanismes d'inflammation suivants:

- Le rayonnement optique est absorbé par les surfaces ou particules, provoquant leur échauffement et, dans certaines circonstances, celles-ci peuvent atteindre une température qui amorce l'inflammation de l'atmosphère explosive environnante.
- Dans certains cas rares particuliers, le craquage direct d'un gaz par laser, au point de focalisation d'un faisceau puissant, produisant un plasma et une onde de choc, les deux agissant en définitive comme source d'inflammation. Ces processus peuvent prendre naissance dans un matériau solide proche de son point de craquage.

NOTE 1 Voir les points a) et b) de l'introduction.

La présente norme ne couvre pas l'inflammation par rayonnement ultraviolet et par absorption du rayonnement dans le mélange explosif lui-même. Les absorbeurs explosifs ou absorbeurs qui contiennent leur propre oxydant/comburant de même que les absorbeurs catalytiques sont également hors du domaine d'application de la présente norme.

La présente norme spécifie les exigences pour les matériels destinés à l'utilisation dans des conditions atmosphériques.

La présente norme complète et modifie les exigences générales de l'IEC 60079-0. Lorsqu'une exigence de la présente norme entre en conflit avec une exigence de l'IEC 60079-0, l'exigence de la présente norme prévaut.

La présente norme s'applique au matériel à fibre optique et au matériel optique, y compris les LED et les matériels à laser, à l'exception des matériels décrits ci-dessous:

- 1) Les LED non divergentes utilisées par exemple pour afficher le statut d'un matériel ou pour une fonction de rétroéclairage.
- 2) Tous les luminaires (fixes, portables ou transportables), les lampes à main et les lampes-chapeaux; destinés à être alimentés par le réseau (avec ou sans isolation galvanique) ou par des batteries:
 - avec des sources lumineuses divergentes continues (pour tous les EPL),
 - avec des sources lumineuses LED (pour les EPL Gc ou Dc uniquement).

NOTE 2 Les sources lumineuses LED divergentes continues autres que pour les EPL Gc ou Dc ne sont pas exclues de la norme en raison de l'incertitude liée à la probabilité d'inflammation associée à l'éclairement élevé.

- 3) Les sources de rayonnement optique pour les applications EPL Mb, Gb ou Gc et Db ou Dc qui satisfont aux limites de Classe 1 conformément à l'IEC 60825-1.

NOTE 3 Les limites de Classe 1 référencées sont celles qui impliquent des limites d'émissions inférieures à 15 mW mesurées à une certaine distance de la source de rayonnement optique conformément à l'IEC 60825-1, cette distance mesurée étant reflétée dans l'application Ex.

- 4) Les câbles à fibres optiques simples ou multiples ne faisant pas partie du matériel à fibre optique si les câbles:
- satisfont aux normes industrielles pertinentes, ainsi que les moyens de protection supplémentaires, comme les câblages robustes, les conduits ou les chemins (pour EPL Gb, Db, Mb, Gc ou Dc),
 - satisfont aux normes industrielles pertinentes (pour EPL Gc ou Dc).
- 5) Les matériels sous enveloppe impliquant une enveloppe qui confine totalement les rayonnements optiques et qui satisfait à un mode de protection adapté tel que requis par l'EPL concerné, l'enveloppe satisfaisant à l'une des conditions suivantes:
- Une enveloppe pour laquelle une inflammation due aux rayonnements optiques en combinaison avec des absorbeurs à l'intérieur de l'enveloppe est acceptable (par exemple, les enveloppes "d" antidéflagrantes) (IEC 60079-1), ou
 - Une enveloppe pour laquelle la protection relative à la pénétration d'une atmosphère explosive gazeuse est prévue, comme les enveloppes sous pression "p" (IEC 60079-2), l'enveloppe "nR" à respiration réduite (IEC 60079-15), ou
 - Une enveloppe pour laquelle la protection relative à la pénétration d'une atmosphère explosive poussiéreuse est prévue comme les enveloppes "t" antipoussière (IEC 60079-31), ou
 - Une enveloppe pour laquelle la protection relative à la pénétration d'absorbeurs est prévue (comme les enveloppes IP 6X) et où aucun absorbeur interne n'est prévu.

NOTE 4 Pour ces exclusions du domaine d'application fondées sur la construction des enveloppes, on prévoit que les enveloppes ne sont pas ouvertes dans l'atmosphère explosive, de sorte que l'entrée est protégée.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

IEC 60050, *Vocabulaire Electrotechnique International*

IEC 60079-0, *Atmosphères explosives – Partie 0: Matériel – Exigences générales*

IEC 60079-1, *Atmosphères explosives – Partie 1: Protection du matériel par enveloppes antidéflagrantes "d"*

IEC 60079-11, *Atmosphères explosives – Partie 11: Protection de l'équipement par sécurité intrinsèque "i"*

IEC 60079-15, *Atmosphères explosives – Partie 15: Protection du matériel par mode de protection "n"*

IEC 60825-2, *Sécurité des appareils à laser – Partie 2: Sécurité des systèmes de télécommunication par fibres optiques (STFO)*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60050-426, l'IEC 60050-731, l'IEC 60079-0 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

absorption

conversion de l'énergie d'une onde électromagnétique en une énergie d'une autre forme, par exemple en chaleur, dans un milieu de propagation

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-03-14]

3.2

diamètre d'un faisceau (ou largeur de faisceau)

distance entre les deux points d'une droite normale à l'axe d'un faisceau électromagnétique, où la puissance surfacique est réduite à une fraction spécifiée de sa valeur maximale sur l'axe

Note 1 à l'article: La notion de diamètre d'un faisceau est surtout employée dans le cas d'un faisceau de section droite circulaire ou presque circulaire.

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-01-35]

3.3

force du faisceau

puissance du faisceau optique, son éclaircissement, son énergie ou son exposition énergétique

3.4

cœur

région centrale d'une fibre optique dans laquelle la plus grande partie de l'énergie rayonnante est transmise

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-02-04]

3.5

gaine

région d'une fibre optique, constituée d'une substance diélectrique qui entoure le cœur

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-02-05]

3.6

faisceau de fibres

assemblage de fibres optiques sans revêtement protecteur

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-04-09]

3.7

dispositif d'extrémité de liaison optique

terminal de liaison optique

appareil comprenant un ou plusieurs dispositifs optoélectroniques, qui convertissent un signal électrique en signal optique ou vice versa, et qui est connectable à une ou plusieurs fibres optiques

Note 1 à l'article: Un dispositif d'extrémité de fibre optique possède un ou plusieurs connecteurs ou fibres amorce.

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-06-44]

3.8

modes de protection contre les rayonnements optiques

3.8.1

rayonnement optique à sécurité intrinsèque

"op is"

rayonnement visible ou infrarouge qui est incapable de produire suffisamment d'énergie dans des conditions normales ou des conditions de défaut spécifiées pour provoquer l'inflammation d'une atmosphère explosive spécifique

Note 1 à l'article: Cette définition est analogue au terme "sécurité intrinsèque" appliqué aux circuits électriques.

3.8.2

rayonnement optique protégé

"op pr"

rayonnement visible ou infrarouge qui est confiné à l'intérieur d'une fibre optique ou d'un autre milieu de transmission dans des constructions normales ou des constructions comportant une protection mécanique supplémentaire, en supposant qu'aucun rayonnement ne s'échappe du confinement

3.8.3

système optique asservi

"op sh"

système de confinement d'un rayonnement visible ou infrarouge à l'intérieur d'une fibre optique ou d'un autre milieu de transmission possédant une coupure asservie prévue pour réduire de manière fiable la force du faisceau non confiné à des niveaux sûrs dans un délai spécifié au cas où le confinement échoue et où le rayonnement n'est plus confiné

3.9

éclairage énergétique

quotient de la puissance rayonnante reçue par un élément d'une surface, par l'aire de cet élément

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-1-25]

3.10

lumière (ou rayonnement visible)

rayonnement optique susceptible de produire directement une sensation visuelle chez l'être humain

Note 1 à l'article: Les limites du domaine spectral de la lumière sont nominalement fixées à des longueurs d'onde dans le vide voisines de 380 nm et 800 nm.

Note 2 à l'article: Le terme "lumière" est parfois appliqué à des rayonnements s'étendant en dehors du domaine visible, par exemple dans les télécommunications optiques et la technique des lasers, mais cet usage n'est pas recommandé en français.

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-01-04]

3.11

fibre optique

guide d'ondes optique en forme de filament, composé de substances diélectriques

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-02-01])

3.12

câble à fibres optiques

ensemble comportant une ou plusieurs fibres optiques ou un ou plusieurs faisceaux de fibres sous une enveloppe commune de façon à les protéger contre les contraintes mécaniques et les agents extérieurs tout en conservant la qualité de transmission des fibres

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-04-01]

3.13

puissance optique (ou puissance rayonnante)

dérivée de l'énergie rayonnante par rapport au temps

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-01-22]

3.14

rayonnement optique

rayonnement électromagnétique dont les longueurs d'onde dans le vide sont comprises entre le domaine de transition vers les rayons X et le domaine de transition vers les ondes radioélectriques, soit entre 1 nm et 1000 µm environ

Note 1 à l'article: Dans le contexte de la présente norme, le terme "optique" se réfère aux longueurs d'onde de 380 nm à 10 µm.

[SOURCE: IEC 60050-731:1991, 731-01-03, modifié (addition of Note 1 to entry)]

3.15

câble à fibres optiques protégé

câble à fibres optiques avec une protection constituée d'une armure, d'un conduit ou d'un chemin de câbles supplémentaire empêchant le rayonnement optique de s'échapper dans l'atmosphère dans des conditions de fonctionnement normales ou de dysfonctionnements prévisibles

3.16

exposition énergétique

énergie rayonnante reçue par un élément de surface divisée par l'aire de cet élément

4 Exigences générales

Le matériel électrique et les composants Ex électriques (par exemple les dispositifs d'extrémité de liaison optique) doivent satisfaire à une ou plusieurs des normes techniques de protection du matériel électrique énumérées dans l'IEC 60079-0 et adaptées à l'application lorsque celle-ci est destinée à être installée dans une zone dangereuse.

Le matériel optique doit être soumis à une évaluation des dangers d'inflammation formelle documentée utilisant les principes indiqués en Annexe C. Cette évaluation doit permettre de déterminer quelle source d'inflammation optique possible peut se trouver dans le matériel à l'étude ainsi que les mesures nécessaires à prendre pour réduire le risque d'inflammation.

Si une source de rayonnement optique est à l'intérieur d'une enveloppe offrant une protection d'au moins IP 6X, après les essais spécifiés dans l'IEC 60079-0 pour les enveloppes, la pénétration de cibles absorbantes depuis l'extérieur de l'enveloppe peut ne pas être prise en considération, mais l'existence de cibles internes doit être prise en considération. Toutefois, lorsque le rayonnement optique peut être émis d'une enveloppe de ce type, les exigences de la présente norme s'appliquent également au rayonnement optique émis.

5 Modes de protection

5.1 Généralités

Trois modes de protection peuvent être appliqués pour éviter l'inflammation par rayonnement optique dans les atmosphères explosives. Ces modes de protection englobent l'ensemble du système optique.

Ces modes de protection sont les suivants:

- a) le rayonnement optique à sécurité intrinsèque, mode de protection "op is",
- b) le rayonnement optique protégé, mode de protection "op pr", et
- c) le système optique avec asservissement, mode de protection "op sh".

Lorsque l'évaluation du danger d'inflammation donnée à l'Annexe C montre que l'inflammation due à un rayonnement optique peut être possible, les principes d'utilisation des modes de protection donnés dans le Tableau 1 doivent être appliqués.

Tableau 1 – EPL atteints par l'application des modes de protection pour les systèmes optiques

Mode(s) de protection	EPL		
	Ga, Da, Ma	Gb, Db, Mb	Gc, Dc
Rayonnement optique à sécurité intrinsèque, "op is" (voir 5.2)			
– sûr avec deux défauts ou utilisant une source optique basée sur la caractéristique de défaillance thermique 5.2.2.2 point 3) ou 5.2.2.3 point 3)	oui	oui	oui
– sûr avec un défaut ou utilisant une source optique basée sur la caractéristique de défaillance thermique 5.2.2.2 point 3) ou 5.2.2.3 point 3)	Non	oui	oui
– sûr en fonctionnement normal	Non	Non	oui
Fibre optique protégée, ayant un faisceau capable d'inflammation "op pr" (voir 5.3)			
– avec protection mécanique supplémentaire	Non	Oui	oui
– conforme à la spécification du fabricant de fibres pour utilisation industrielle normale, mais sans protection mécanique supplémentaire	Non	Non	oui
Fibre optique ayant un faisceau capable d'inflammation asservi en cas de rupture de fibre "op sh" (voir 5.4)			
– Câble à fibres optiques protégé "op pr" pour Gb/Db/Mb + système de sécurité fonctionnelle d'arrêt basé sur le retard d'inflammation de l'atmosphère explosive gazeuse	Oui ¹⁾	oui	oui
– Câble à fibres optiques protégé "op pr" pour Gc/Dc + système de sécurité fonctionnelle d'arrêt basé sur les retards pour protection visuelle (IEC 60825-2)	Non	oui ¹⁾	oui
Câble à fibres optiques non protégé (non "op pr") + système de sécurité fonctionnelle d'arrêt basé sur les retards pour protection visuelle (IEC 60825-2)	Non	Non	oui
Aucun (non confiné, faisceau capable d'inflammation)	Non	Non	Non
¹⁾ Système d'arrêt sûr avec un défaut			

5.2 Exigences pour les rayonnements optiques à sécurité intrinsèque "op is"

5.2.1 Généralités

Rayonnement optique à sécurité intrinsèque signifie que le rayonnement visible ou infrarouge n'est pas susceptible de fournir une énergie suffisante dans des conditions normales ou de défaut spécifiées capable de provoquer l'inflammation d'une atmosphère explosive spécifique. Le concept est une approche de la sécurité par la limitation de la force du faisceau. L'inflammation d'un corps absorbant exposé optiquement est le mécanisme d'inflammation qui nécessite le moins d'énergie, de puissance ou d'éclairement dans le domaine visible ou infrarouge. Le concept de sécurité intrinsèque s'applique aux rayonnements non confinés et ne nécessite pas le maintien d'un environnement sans absorption.

5.2.2 Rayonnement d'onde entretenue

5.2.2.1 Généralités

Les puissances optiques comme les éclairagements optiques ne doivent pas dépasser les valeurs énumérées dans le Tableau 2, le Tableau 3 et le Tableau 4, par catégorie de groupe de matériel et de classe de température.

En alternative à la conformité avec le Tableau 2, les options suivantes sont disponibles:

- Pour les surfaces exposées supérieures à 400 mm², la température maximale mesurée sur la surface exposée doit être utilisée pour établir la classe de température, sans limites pour l'éclairage. Le mesurage de la température doit prévoir la possibilité d'une force du faisceau non homogène.
- Pour les surfaces exposées limitées inférieures à 130 mm², les valeurs maximales de puissance rayonnée autres que celles autorisées dans le Tableau 2 pour les classes de température T1, T2, T3 et T4 et les groupes IIA, IIB ou IIC sont détaillées dans le Tableau 4.
- Réussite des essais d'inflammation selon 5.2.4.

Tableau 2 – Puissance optique et éclairage sûrs pour le matériel des Groupes I et II, par catégorie de groupe de matériel et de classe de température

Sources de rayonnement optique avec		Peut être utilisé pour les atmosphères suivantes (classes de température en combinaison avec les groupes de matériels)	Remarques
Puissance rayonnée (aucune limite d'éclairage ne s'applique) mW	Éclairage (aucune limite de puissance rayonnée ne s'applique) mW/mm ²		
≤ 150		IIA avec T1, T2 ou T3, et I	Aucune limite à la surface exposée impliquée
≤ 35		IIA, IIB indépendant de la classe T, IIC avec T1, T2, T3 ou T4, et I	Aucune limite à la surface exposée impliquée
≤ 15		Toutes les atmosphères	Aucune limite à la surface exposée impliquée
	≤ 20	IIA avec T1, T2 ou T3, et I	Surfaces exposées limitées à ≤ 30 mm ²
	≤ 5	Toutes les atmosphères	Aucune limite à la surface exposée impliquée

NOTE Les valeurs applicables de puissance optique ou d'éclairage optique de ce tableau sont basées sur la subdivision du groupe du matériel (groupe gazeux) et sur la classe de température, car le processus d'inflammation par de petites particules chaudes dépend à la fois de la subdivision et de la classe de température du mélange explosif. Ceci est indépendant du groupe du matériel (électrique) et de la classe de température associés à l'évaluation du matériel électrique. Il est donc important de comprendre que la signification du terme "classe de température" n'est pas la même pour la technique de protection contre les rayonnements optiques, "op is", que pour les autres techniques de protection de matériel électrique applicables (comme les enveloppes antidéflagrantes "d" ou l'appareil à sécurité intrinsèque "i").

Pour "op is", l'utilisation du terme "classe de température" appliqué à ce tableau ne concerne pas la température maximale mesurée sur le matériel. Elle concerne plutôt les propriétés d'inflammation des gaz associés aux divers groupes de matériels. Par conséquent, pour le matériel IIA et IIB, les classes de température T5 et T6 ne sont pas applicables, car aucun gaz IIA ou IIB n'a de températures d'auto-inflammation T5 ou T6. De même, pour le matériel IIC, il n'existe aucun gaz IIC avec des températures d'auto-inflammation T5, et le sulfure de carbone est le seul gaz IIC avec une température d'auto-inflammation T6.

Donc, lorsque ce tableau est appliqué pour le matériel IIB, il existe une seule option pour les valeurs de puissance optique ou d'éclairage optique, T1 à T4. Toutefois, pour IIA, le fabricant indique une classe de température "op is" pour les gaz du groupe de matériel en relation avec l'application d'installation finale prévue de T1 à T3 ou de T4. De même, pour IIC, le fabricant indique soit T1 à T4, soit T6 si du sulfure de carbone est inclus dans l'application d'installation finale prévue.

Tableau 3 – Puissance optique et éclairement sûrs pour le matériel du Groupe III

Groupe de matériel	IIIA, IIIB et IIIC		
EPL	Da	Db	Dc
Puissance rayonnée (aucune limite d'éclairage ne s'applique) mW	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Éclairage (aucune limite de puissance rayonnée ne s'applique) mW/mm ²	≤ 5	≤ 5	≤ 10

Tableau 4 – Valeurs limites sûres pour surface intermédiaire, Groupe I ou II, puissance constante, atmosphères T1 à T4, Groupes de matériels IIA, IIB ou IIC (données dérivées de la Figure B.1 avec facteur de sécurité)

Surface exposée limitée mm ²	Valeur maximale de puissance rayonnée mW
< 4 * 10 ⁻³	35
≥ 4 * 10 ⁻³	40
≥ 1,8 * 10 ⁻²	52
≥ 4 * 10 ⁻²	60
≥ 0,2	80
≥ 0,8	100
≥ 2,9	115
≥ 8	200
≥ 70	400
Pour les surfaces exposées égales ou supérieures à 130 mm ² , la limite d'éclairage de 5 mW/mm ² s'applique	

5.2.2.2 Puissance optique

Lorsque la conformité au Tableau 2, au Tableau 3 ou au Tableau 4 est à baser sur les valeurs maximales de puissance optique, alors la puissance optique maximale doit être mesurée conformément à l'une des méthodes d'essai suivantes, suivant les mêmes conditions de dissipation thermique, ou des conditions équivalentes, que dans l'application prévue:

- 1) Les circuits d'attaque réels servent à alimenter le dispositif optique, la puissance optique maximale étant mesurée dans des conditions de défaut conformément aux critères de protection contre les défauts de surpuissance et d'énergie selon 5.2.5 et aux EPL respectifs à température ambiante comprise entre 21 °C et 25 °C. Si la puissance optique est supérieure sur la plage de températures ambiantes prévue du matériel, la valeur mesurée à température ambiante doit être ajustée en fonction du coefficient de température indiqué sur la fiche technique. Si la fiche technique ne donne aucune information, le mesurage doit être réalisé en plus aux valeurs les plus basses et les plus hautes de la plage de températures spécifiée pour le matériel. Des échantillons séparés doivent être prélevés pour chacun des 3 essais si le dispositif optique est soumis à des paramètres d'entrée supérieurs à la valeur assignée maximale. Le nombre d'échantillons d'essai dépend du nombre de conditions de défaut à appliquer.
- 2) Les paramètres d'entrée maximums dans le dispositif optique depuis le circuit d'attaque réel sont calculés sur la base de l'analyse du schéma du circuit d'attaque. Cette analyse doit tenir compte des conditions de défaut selon les critères de protection contre les défauts de surpuissance et d'énergie selon 5.2.5 et les EPL respectifs. Un échantillon d'essai du dispositif optique sans le circuit d'attaque est ensuite connecté à une source d'alimentation variable séparée et soumis à des paramètres d'entrée égaux aux valeurs maximales des paramètres d'entrée calculés. La puissance optique maximale est mesurée avec le dispositif optique à une température ambiante comprise entre 21 °C et 25 °C. Si la puissance optique est supérieure à la plage de températures ambiantes prévue du matériel, la valeur mesurée à température ambiante doit être ajustée selon le coefficient

de température indiqué dans la fiche technique. Si la fiche technique ne donne aucune information, le mesurage doit être réalisé en plus aux valeurs les plus basses et les plus hautes de la plage de températures spécifiée pour le matériel. Des échantillons séparés doivent être prélevés pour chacun des 3 essais si le dispositif optique est soumis à des paramètres d'entrée supérieurs à la valeur assignée maximale.

- 3) Le circuit d'attaque réel est remplacé par une source d'alimentation variable séparée. Cette source d'alimentation est ensuite utilisée pour appliquer des entrées variables sur le dispositif optique, avec la puissance optique maximale mesurée. Aucun défaut n'est pris en compte. Dix échantillons du dispositif optique sont à soumettre à l'essai à température ambiante comprise entre 21 °C et 25 °C. La puissance optique maximale est prise à partir de la plus forte puissance qui peut être mesurée sur les dix échantillons avant que le dispositif optique s'arrête ou se replie.

NOTE Lorsque le circuit d'attaque réel est remplacé par une source d'alimentation variable séparée, la puissance optique maximale est la puissance qui peut être mesurée avant que le dispositif optique s'arrête ou se replie. Dans ces conditions d'arrêt ou de repli, un écart significatif est possible entre plusieurs échantillons du même dispositif optique. Pour traiter ce problème, 10 échantillons du dispositif optique sont soumis à l'essai pour identifier la puissance optique maximale. Cet écart ne pose pas de problème en cas d'évaluation du dispositif optique avec son circuit d'attaque réel.

- 4) Le calcul de la puissance optique maximale basé sur la puissance électrique appliquée au dispositif optique est tel que décrit en 2). Pour les valeurs de puissance optique, les spécifications de la fiche technique doivent être prises en compte ainsi que la puissance calculée appliquée et, le cas échéant, les distances données par la construction depuis la surface rayonnante. .

Ce qui suit s'applique quelles que soient les conditions d'essai susmentionnées sélectionnées:

- Un détecteur optique (par exemple un capteur à semiconducteur pour les rayonnements presque monochromes, un mesureur de puissance optique ou un capteur à thermopile pour sources optiques non monochromes ou variables dans le spectre) est utilisé pour mesurer la puissance optique.
- Le détecteur optique doit être positionné à une distance raisonnable de la sortie du dispositif optique, afin que le diamètre entier du faisceau soit capturé, tout en restant conforme aux instructions relatives au détecteur optique. En variante, pour les dispositifs optiques encastrés à une distance donnée dans une enveloppe qui ne confine pas les rayonnements optiques, le détecteur optique peut être positionné à cette distance donnée du dispositif optique. Cette approche alternative exige que l'enveloppe soit conforme aux modes de protection reconnus pour les appareils électriques conçus pour contenir une inflammation interne (comme les enveloppes "d" antidéflagrantes) conformément à IEC 60079-1, ou lorsqu'on ne s'attend pas à trouver des cibles absorbantes à l'intérieur de l'enveloppe selon l'évaluation du danger d'inflammation (comme les enveloppes IP 6X, les enveloppes sous pression "p", les enveloppes "nR" à respiration réduite, etc.)
- La valeur maximale de la puissance optique mesurée doit être inférieure ou égale à la valeur maximale de la puissance optique applicable du Tableau 2, du Tableau 3 ou du Tableau 4 respectivement.

Si la valeur maximale de la puissance optique mesurée n'est pas inférieure ou égale à la valeur maximale de la puissance optique applicable du Tableau 2, du Tableau 3 ou du Tableau 4, une évaluation peut être réalisée afin de déterminer la conformité aux exigences relatives à "l'éclairement optique" (voir 5.2.2.3).

5.2.2.3 Éclairement optique

Si la conformité au Tableau 2, au Tableau 3 ou au Tableau 4 est à baser sur les valeurs maximales de l'éclairement optique, l'éclairement optique peut être déterminé conformément à l'une des conditions d'essai spécifiées en 5.2.2.2.

Ce qui suit s'applique quelles que soient les conditions d'essai susmentionnées sélectionnées:

- 1) Une ouverture de limitation non supérieure à 10 mm² doit être initialement positionnée de façon que le point médian de l'ouverture soit centré sur le faisceau provenant du dispositif optique.
- 2) La taille de l'ouverture de limitation doit être inférieure à la largeur du faisceau afin que les rayonnements optiques soient partiellement bloqués et ne dépassent pas 100 mm².
- 3) L'ouverture de limitation doit être positionnée au point d'accès le plus proche de la sortie du dispositif optique. En variante, pour les dispositifs optiques encastrés à une distance donnée dans l'enveloppe, l'ouverture de limitation peut être positionnée à cette distance donnée du dispositif optique. Cette approche alternative exige que l'enveloppe soit conforme aux modes de protection reconnus pour les appareils électriques conçus pour contenir une inflammation interne (comme les enveloppes "d" antidéflagrantes conformément à IEC 60079-1) ou lorsqu'on ne s'attend pas à trouver des cibles absorbantes à l'intérieur de l'enveloppe selon l'évaluation du danger d'inflammation (comme les enveloppes IP 6X, les enveloppes sous pression "p", les enveloppes "nR" à respiration réduite, etc.)
- 4) Un détecteur optique (par exemple un capteur à semiconducteur pour les rayonnements monochromes, un mesureur de puissance optique ou un capteur à thermopile pour sources optiques non monochromes ou variables dans le spectre) disposant d'une surface de détection plus large que l'ouverture de limitation est utilisé pour mesurer la puissance optique maximale qui passe par l'ouverture de limitation.
- 5) Ces mesurages de puissance optique maximale sont à réaliser alors que l'ouverture de limitation est centrée sur le faisceau ainsi qu'en bougeant l'ouverture le long du champ de rayonnement, si la puissance du faisceau n'est pas homogène.
- 6) L'éclairement optique maximal est ensuite calculé sur la base de la puissance optique maximale mesurée par l'ouverture de limitation, divisée par la surface de l'ouverture de limitation.
- 7) La valeur maximale de l'éclairement optique calculée doit être inférieure ou égale à la valeur maximale de l'éclairement applicable du Tableau 2, du Tableau 3 ou du Tableau 4.

Dans les cas où la force du faisceau n'est pas homogène sur la section transversale du faisceau, des mesurages de la puissance optique avec une ouverture allant jusqu'à 100 mm² doivent être réalisés pour déterminer la valeur maximale d'éclairement.

Si la valeur maximale de l'éclairement optique calculée n'est pas inférieure à la valeur maximale de l'éclairement applicable du Tableau 2, du Tableau 3 ou du Tableau 4, une évaluation peut être réalisée afin de déterminer la conformité aux exigences relatives à "l'éclairement optique" (voir 5.2.2.2).

Il peut être envisagé d'utiliser un spectroradiomètre ou tout autre matériel adapté pour mesurer l'éclairement optique à la place de l'ouverture de limitation et du détecteur optique.

5.2.3 Rayonnement à impulsions

5.2.3.1 Généralités

La durée de l'impulsion optique pour un matériel Gc ou Dc peut être déterminée sur la base de la fréquence de modulation et du cycle de service assigné spécifié par le fabricant. Par exemple, la durée de l'impulsion (ou "état fermé") est égale au produit de la période (ou "durée entre les impulsions") et du cycle de service, la période étant égale à l'inverse de la fréquence.

La durée de l'impulsion pour un matériel Ga, Gb, Da, Db, Ma ou Mb doit être mesurée dans des conditions de défaut conformes aux critères de protection contre les défauts de surpuissance et d'énergie requis pour les "dispositifs optiques intégrant le concept de sécurité intrinsèque". Un oscilloscope électrique peut être utilisé pour mesurer la durée d'impulsion de la tension à l'entrée du dispositif optique dans chaque condition de défaut.

Le schéma fonctionnel en Annexe E représente la procédure d'évaluation pour le Groupe II.

5.2.3.2 Durée d'impulsion optique inférieure ou égale à 1 s pour le Groupe II

Pendant une durée d'impulsion optique de moins de 1 ms, telle que déterminée conformément au niveau de protection du matériel applicable, l'énergie de l'impulsion optique ne doit pas dépasser l'énergie d'inflammation par étincelle minimale (MIE) de l'atmosphère explosive gazeuse respective.

Pendant une durée d'impulsion optique comprise entre 1 ms et 1 s, telle que déterminée conformément au niveau de protection du matériel applicable, une énergie d'impulsion optique égale à 10 fois la MIE de l'atmosphère explosive gazeuse ne doit pas être dépassée.

Pour une impulsion unique, l'énergie d'impulsion optique est égale au produit de la puissance moyenne et de la durée de l'impulsion optique de cette impulsion unique.

NOTE Conformément à la comparaison de l'énergie d'impulsion optique d'inflammation minimale mesurée (Q_e , p_i , min) à un diamètre de faisceau de 90 μm avec des températures d'auto-inflammation (AIT) et des énergies d'inflammation minimales (MIE) du Tableau B.2 de l'ouvrage de référence, l'énergie d'inflammation par étincelle minimale applicable (MIE) est basée sur la subdivision du Groupe du matériel.

Les valeurs de MIE pour l'application de la présente norme sont les suivantes:

- Groupe IIA: 240 μJ
- Groupe IIB: 82 μJ
- Groupe IIC: 17 μJ

5.2.3.3 Durée d'impulsion optique supérieure à 1 s pour le Groupe II

Pendant les durées d'impulsion optique supérieures à 1 s, la puissance de crête doit être mesurée conformément aux exigences relatives aux "rayonnements d'onde entretenue" et ne doit pas dépasser les niveaux de sécurité pour le rayonnement d'onde entretenue (voir 5.2.2, Tableau 2 ou Tableau 4). Quel que soit l'EPL concerné, ces impulsions sont considérées comme des rayonnements d'onde entretenue.

5.2.3.4 Exigences supplémentaires pour les trains d'impulsions optiques pour les matériels du Groupe II

Pour les trains d'impulsions optiques impliquant une durée d'impulsion inférieure ou égale à 1 s, ce qui suit s'applique:

- 1) Pour toutes les fréquences de répétition, le seul critère d'impulsion s'applique pour chaque impulsion.
- 2) Pour les fréquences de répétition supérieures à 100 Hz, la puissance moyenne ne doit pas dépasser les niveaux de sécurité pour le rayonnement d'onde entretenue du Tableau 2 ou du Tableau 4.
- 3) Pour les fréquences de répétition inférieures ou égales à 100 Hz, la puissance moyenne ne doit pas dépasser les niveaux de sécurité pour le rayonnement d'onde entretenue du Tableau 2 ou du Tableau 4 4 sauf s'il est démontré qu'elles ne provoquent pas l'inflammation lors des essais selon l'Article 6.

5.2.3.5 Exigences supplémentaires pour les impulsions optiques des matériels du Groupe I et du Groupe III

Les paramètres de sortie des sources optiques des matériels pour EPL Ma ou Mb et Da ou Db ne doivent pas dépasser 0,1 mJ/mm^2 pour les intervalles de lasers à impulsions ou de sources de lumière à impulsions d'au moins 5 s.

Les paramètres de sortie des sources optiques des matériels pour EPL Dc ne doivent pas dépasser 0,5 mJ/mm^2 pour les lasers à impulsions ou les sources de lumière à impulsions.

Les sources de rayonnement avec des intervalles entre impulsions inférieurs à 5 s sont considérées comme des sources d'ondes entretenues.

5.2.4 Essais d'inflammation

Les essais d'inflammation pour démontrer la sécurité intrinsèque peuvent être réalisés pour le Groupe II dans des cas particuliers tels que:

- Faisceaux de dimensions ou de durée d'impulsion intermédiaires qui peuvent dépasser le critère d'inflammation optique minimal mais toujours incapables de provoquer une inflammation;
- Faisceaux avec des formes d'onde de temps complexe tels que les énergies d'impulsion et/ou la puissance moyenne ne sont pas facilement résolues;
- Atmosphères spécifiques, cibles ou autres applications spécifiques dont il est démontré qu'elles sont moins sévères que les conditions d'essai étudiées à ce jour.

NOTE 1 Ces essais ne sont utilisés que dans de très rares cas, car ils sont coûteux et nécessitent un matériel d'essai spécial. Les stations d'essai selon la présente norme ne disposent pas toutes du matériel d'essai nécessaire aux essais d'inflammation.

L'essai doit être réalisé comme spécifié à l'Article 6 avec 10 échantillons de la source de rayonnement optique dans les conditions ambiantes les plus défavorables. L'essai est concluant s'il n'y a aucune inflammation durant les 10 essais.

NOTE 2 Les essais d'inflammation pour le Groupe I et le Groupe III ne sont à ce jour pas spécifiés.

5.2.5 Protection contre les défauts de surpuissance et d'énergie

5.2.5.1 Généralités

Les dispositifs optiques comprenant le concept de sécurité intrinsèque doivent fournir une protection contre les défauts de surpuissance et d'énergie pour éviter des forces excessives de faisceaux dans une atmosphère explosive. L'analyse des risques/dangers doit déterminer la nécessité de restrictions supplémentaires. Les modes de défaillance de la source optique, les circuits d'attaque et l'EPL prévu doivent être considérés en fonctionnement normal et en conditions de défaut afin de déterminer l'exigence d'une restriction supplémentaire.

5.2.5.2 Sources optiques autolimitantes

Les sources optiques telles que les diodes lasers, les diodes électroluminescentes (LED) ou les lampes subissent une défaillance en cas de surchauffe dans des conditions de défaut de surpuissance. La caractéristique de défaillance thermique de certaines sources optiques offre la protection nécessaire contre la surpuissance lorsqu'un essai sur 10 échantillons montre qu'un arrêt de sécurité ou un repli défini se produit (voir 5.2.2.2 et 5.2.2.3). La valeur obtenue la plus élevée de puissance de sortie optique des 10 échantillons est à prendre comme valeur maximale de puissance ou d'éclairement. La caractéristique de défaillance thermique de ces sources optiques de faible puissance est acceptable pour fournir une protection contre la surpuissance adaptée pour tout EPL.

5.2.5.3 Sources optiques nécessitant des circuits de limitation de puissance

Lorsque la force du faisceau du dispositif optique est limitée par les circuits d'attaque, les défauts à prendre en compte s'appliquent à ces circuits et non au dispositif optique lui-même.

Un courant de LED limité par le circuit d'attaque à des valeurs conformes aux spécifications de la fiche technique n'est pas considéré comme dépassant la tension directe maximale indiquée dans la fiche technique pour ce courant.

Les défauts à prendre en compte comprennent l'ouverture ou le court-circuit d'un quelconque composant pouvant affecter la force du faisceau du dispositif optique. Il n'est pas nécessaire de prendre en compte les traces de cartes de circuits imprimés pour le court-circuit, car elles

sont conformes à la ligne de fuite, à la distance d'isolement ou aux exigences d'isolation solide de la norme industrielle générale associée.

Les circuits électriques tels que les limiteurs de tension et/ou de courant placés entre la source optique et la source de puissance électrique peuvent fournir une protection contre les défauts de surpuissance. La protection contre les défauts de surpuissance électrique doit être fournie selon le degré nécessaire pour l'EPL prévu (voir par exemple l'IEC 60079-11 pour un exemple de méthodologie de conduite de l'analyse des défauts, mais d'autres méthodologies peuvent également être appliquées). Pour les matériels Ga, Da ou Ma, les limiteurs de courant et/ou de tension doivent fournir une protection contre les défauts de surpuissance en fonctionnement normal et après l'application de un ou deux défauts comptés au limiteur de courant et/ou de tension. Pour les matériels Gb, Db ou Mb, la protection contre les défauts de surpuissance doit être fournie en fonctionnement normal et après l'application d'un défaut compté au limiteur de courant et/ou de tension. Pour les matériels Gc ou Dc, les valeurs électriques assignées doivent être prises sans supposition de défaut.

5.3 Exigences pour rayonnement optique protégé "op pr"

5.3.1 Généralités

Ce concept exige de confiner le rayonnement dans une fibre optique ou un autre moyen de transmission basé sur l'hypothèse qu'il n'y a pas d'échappement du rayonnement depuis le confinement. Dans ce cas, la performance du confinement définit le niveau de sécurité du système, "op pr". Les niveaux de sécurité applicables comprennent les EPL Gb ou Gc et Db ou Dc et Mb. (Voir Tableau 1). Deux options peuvent être utilisées, celle de 5.3.2 ou celle de 5.3.3.

Tous les composants optiques doivent être adaptés aux valeurs assignées et à la plage de températures pour lesquelles ils sont utilisés.

NOTE La vérification de la conformité à la spécification des composants ne constitue pas une exigence de la présente norme.

5.3.2 Rayonnement à l'intérieur d'une fibre optique ou d'un câble

La fibre optique ou le câble protège contre l'échappement de rayonnement optique dans l'atmosphère en conditions normales de fonctionnement. Pour les EPL Gb, Db ou Mb, des câbles à fibre optique protégés doivent être utilisés, équipés d'une armure, d'un conduit ou d'un chemin de câbles supplémentaire. Pour les fibres optiques ou les câbles, qui sortent de l'enveloppe du matériel d'extrémité, un essai de traction doit être réalisé conformément à l'IEC 60079-11.

Les câbles internes ou externes peuvent être terminés/divisés d'une fibre (depuis un câble) à une autre fibre (dans un nouveau câble) au moyen d'un coupleur dédié ou en assemblant des terminaisons fixes. Pour les terminaisons/divisions externes, le raccordement du câble doit assurer une résistance mécanique équivalente à celle du câble. La procédure de connexion sur le terrain doit être détaillée dans les instructions.

NOTE 1 Ceci peut être réalisé au moyen d'une connexion de serrage ou d'emboîtement mécanique.

Pour les EPL Gc ou Dc, les fibres optiques ou les câbles et les connexions enfichables internes qui satisfont à la norme industrielle applicable sont acceptables. Les connexions sur le terrain des fibres optiques ou des câbles externes doivent satisfaire aux exigences relatives aux prises et aux socles externes de l'IEC 60079-0 adaptées à l'EPL.

Pour les EPL Gb, Db ou Mb, les fibres optiques ou les câbles connectés via des connexions enfichables internes doivent satisfaire aux exigences relatives aux connexions enfichables de l'IEC 60079-15. Les connexions sur le terrain des fibres optiques ou des câbles externes doivent satisfaire aux exigences relatives aux prises et aux socles externes de l'IEC 60079-0 pour l'EPL exigé.

NOTE 2 Les connexions boîtiers divisés en sont des exemples typiques.

NOTE 3 La fibre optique ou le câble uniquement ne constitue pas un matériel Ex.

5.3.3 Rayonnement à l'intérieur des enveloppes

Les rayonnements capables d'inflammation à l'intérieur d'une enveloppe sont acceptables si l'enveloppe satisfait aux modes de protection reconnus pour les matériels électriques conçus pour contenir une inflammation interne (comme les enveloppes "d" antidéflagrantes) conformément à l'IEC 60079-1, ou lorsqu'on ne s'attend pas à trouver des cibles absorbantes à l'intérieur de l'enveloppe selon l'évaluation du danger d'inflammation (comme les enveloppes IP 6X, les enveloppes sous pression "p", les enveloppes "nR" à respiration réduite, les enveloppes "t" de protection contre l'inflammation des poussières, etc.) On doit cependant prendre en considération le fait que tout rayonnement sans sécurité intrinsèque pouvant s'échapper de l'enveloppe est à protéger conformément à la présente norme.

5.4 Système optique avec asservissement "op sh"

Ce mode de protection s'applique également lorsque le rayonnement n'a pas de sécurité intrinsèque. Ce concept exige de confiner le rayonnement dans une fibre optique ou un autre moyen de transmission basé sur l'hypothèse qu'il n'y a pas d'échappement du rayonnement depuis le confinement dans des conditions de fonctionnement normales.

En fonction de l'EPL, "op sh" exige l'application de principes "op pr" avec une coupure asservie supplémentaire comme suit (voir également le Tableau 1).

- Pour les applications "op,sh" Ga, Da ou Ma, un câble à fibres optiques protégé "op,pr" pour Gb/Db/Mb avec un système d'arrêt de sécurité fonctionnelle basé sur le retard d'inflammation de l'atmosphère explosive gazeuse est exigé.
- Pour les applications "op sh" Gb, Db ou Mb, un câble à fibres optiques protégé "op pr" pour Gc Dc avec un système d'arrêt de sécurité fonctionnelle basé sur les retards pour protection visuelle (IEC 60825-2) est exigé.
- Pour les applications "op sh" Gc ou Dc, un câble à fibres optiques non protégé (pas "op pr") avec un système d'arrêt de sécurité fonctionnelle basé sur les retards pour protection visuelle (IEC 60825-2), est exigé.

La coupure asservie doit fonctionner si la protection par confinement échoue et si le rayonnement n'est plus confiné sur des échelles de temps plus courtes que le retard d'inflammation ou le retard pour protection visuelle.

Le retard de coupure asservie du matériel à utiliser pour la classe de température T1 des groupes I et IIA et pour la classe de température T2 du groupe IIA doit être inférieur à la courbe limite de la Figure 1 représentée par la courbe ajustée aux retards d'inflammation minimaux en incluant un facteur de sécurité de 2.

NOTE Les retards d'inflammation ne sont identifiés que pour la classe de température T1 des groupes I et IIA et pour la classe de température T2 du groupe IIA de Figure 1. Par conséquent, les retards d'inflammation pour les autres applications du groupe IIA ou pour toutes les applications des groupes IIB et IIC nécessitent des essais supplémentaires et de la documentation pour établir des durées appropriées.

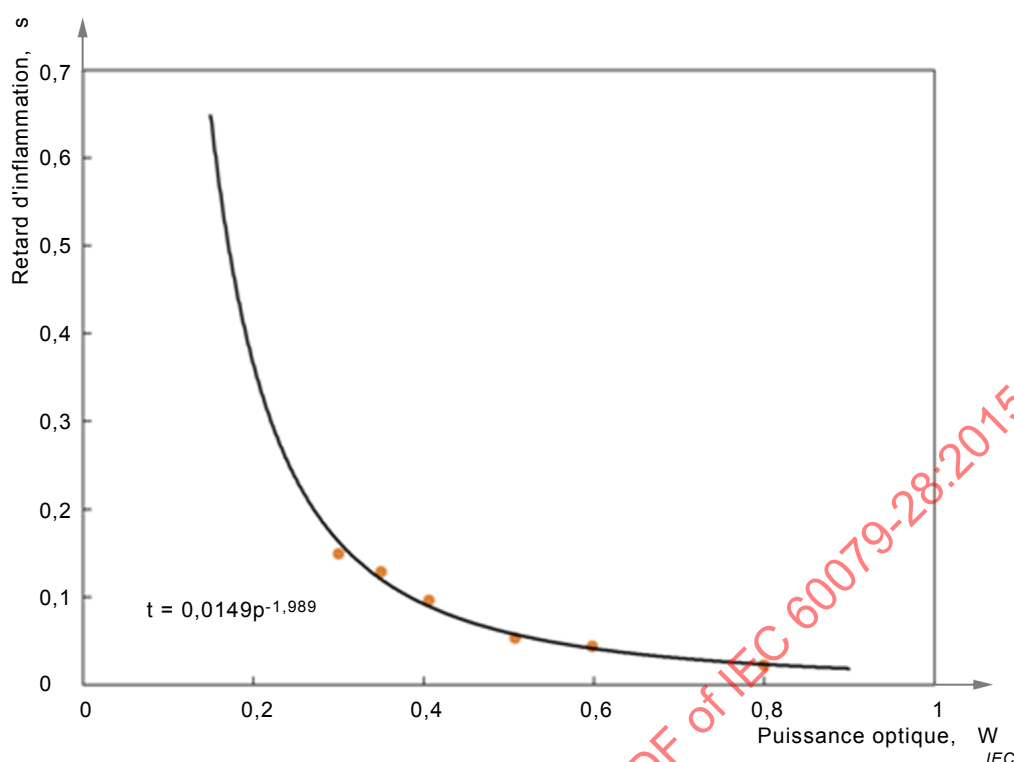


Figure 1 – Retards d'inflammation optique et courbe de limite de sécurité avec un facteur de sécurité de 2

La coupure asservie doit faire partie des exigences définies par l'analyse des risques. Les méthodes données dans les normes concernées (par exemple, IEC 61508, IEC 61511) peuvent être utilisées pour analyser les performances du matériel pour le niveau de sécurité approprié. Selon le Tableau 1, le système d'arrêt est tenu de fonctionner en toute sécurité avec un défaut.

6 Vérification et essais de type

6.1 Montage d'essai pour essais d'inflammation

6.1.1 Généralités

Tous les mélanges gaz-air dans le récipient d'essai doivent être maintenus pendant l'essai à une température de 40 (± 3) °C ou à la température maximale de l'application spécifique.

Tous les mélanges gaz-air dans le récipient d'essai doivent être maintenus à une pression ambiante conformément à l'IEC 60079-0.

6.1.2 Récipient d'essai

Un récipient d'essai d'un diamètre supérieur à 150 mm et d'une hauteur supérieure à la cible d'absorbeur (source d'inflammation potentielle) de plus de 200 mm doit être utilisé.

6.1.3 Critères de détermination de l'inflammation

L'inflammation doit être considérée comme se produisant lorsqu'une augmentation de température d'au moins 100 K est mesurée par une bille thermoélectrique de 0,5 mm de diamètre située 100 mm au-dessus de l'absorbeur de référence ou si l'apparition d'une flamme est visuellement observée.

6.2 Vérification de l'adaptation du montage d'essai aux essais de type

6.2.1 Gaz de référence

Pour vérifier que le montage d'essai est adapté aux essais de type conformément à 6.3, les essais d'inflammation doivent impliquer un mélange propane-air, conformément à ce qui suit:

- Pour le rayonnement d'onde entretenue et pour le rayonnement d'onde à impulsions d'une durée supérieure à 1 s: mélange propane-air de 5 % ou 4 % par volume, mélange au repos.
- Pour le rayonnement d'onde à impulsions d'une durée égale ou inférieure à 1 s et pour tous les trains d'impulsions: mélange propane-air de 4 % par volume, mélange au repos.

Voir le Tableau A.1 pour plus d'explications sur l'application du mélange propane-air.

Si le montage est utilisé uniquement pour le rayonnement d'onde entretenue ou le rayonnement à impulsions, seul l'essai applicable parmi les deux essais de référence est nécessaire.

6.2.2 Absorbeur de référence

Absorption pour la longueur d'onde à l'étude, supérieure à 80 %, à appliquer à l'extrémité de la fibre de transmission (fibres optiques), ou à déposer sur un substrat inerte (transmission d'un faisceau libre).

NOTE Les expériences montrent que pour les impulsions dans la plage de la microseconde ou nanoseconde, un absorbeur au noir de carbone donne les énergies d'impulsion d'inflammation les plus basses (absorption 99 %, combustible, température de décomposition élevée) [1,4,6¹].

6.2.3 Essai de référence pour rayonnement d'onde entretenue et à impulsions d'une durée supérieure à 1 s

L'absorbeur de référence exposé doit être physiquement et chimiquement inerte pendant la durée de l'essai. Il est nécessaire que l'absorbeur ait une absorption très élevée pour agir presque comme un corps noir. Le montage doit être soumis à l'essai avec le gaz de référence et l'absorbeur à $40\text{ °C} \pm 5\text{ K}$. Pour les essais sur les fibres optiques, l'absorbeur doit être appliqué à l'extrémité de la fibre en très fine couche (approximativement $10\text{ }\mu\text{m}$) (par exemple appliqué sous la forme d'une poudre en suspension et séché ensuite). Les valeurs de référence sont données dans le Tableau A.1. Le montage d'essai est acceptable si les valeurs d'inflammation atteintes ne sont pas supérieures à 20 % au-dessus des données du Tableau A.1. L'absorbeur doit être intact à la fin de l'essai.

Pour les essais de transmission du faisceau libre, le plus petit diamètre du faisceau doit frapper une couche du plan du matériau cible appliqué à un substrat ou comprimé pour former une pastille. Les valeurs de référence doivent être prises du Tableau A.1 pour le diamètre de faisceau respectif. Le montage d'essai est acceptable si les valeurs d'inflammation atteintes ne sont pas supérieures à 20 % au-dessus des données du Tableau A.1. L'absorbeur doit être intact à la fin de l'essai.

6.2.4 Essai de référence pour le rayonnement à impulsions d'une durée inférieure à 1 ms

L'absorbeur de référence exposé doit être irradié depuis la face libre (exposition du faisceau libre) pendant tous les essais d'impulsion. Pour les essais de transmission du faisceau libre, le plus petit diamètre du faisceau doit frapper une couche du plan du matériau cible appliqué à un substrat ou comprimé pour former une pastille. La valeur de référence pour un diamètre de faisceau de $90\text{ }\mu\text{m}$ est $499\text{ }\mu\text{J}$ d'énergie d'impulsion pour des impulsions de 90 ns et $600\text{ }\mu\text{J}$ pour des impulsions de 30 ns. Le montage doit être soumis à l'essai avec le gaz de

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

référence et l'absorbeur à $40\text{ °C} \pm 5\text{ K}$. Le montage d'essai est acceptable si les valeurs d'inflammation atteintes ne sont pas supérieures à 20 % au-dessus des données du Tableau B.1

NOTE Des informations sur le contexte pour les valeurs de référence sont données dans la bibliographie [4].

6.3 Essais de type

6.3.1 Essais d'inflammation avec rayonnement d'onde entretenue et à impulsions d'une durée supérieure à 1 s

Les essais d'inflammation pour le rayonnement d'onde entretenue et le rayonnement d'onde à impulsions d'une durée supérieure à 1 s doivent impliquer un mélange gaz-air conformément à ce qui suit:

- Pour les atmosphères T6/IIC: CS_2 dans l'air, 1,5 % par volume, et éther diéthylique, 12 % par volume. Si uniquement de l'éther diéthylique est utilisé, les valeurs minimales de puissance ou d'éclairement d'inflammation obtenues doivent être divisées par un facteur de 4 si les critères d'acceptation sont appliqués.
- Pour les atmosphères T4/IIA, T4/IIB et T4/IIC: éther diéthylique, 12 % par volume.
- Pour les atmosphères T3/IIA et I: propane dans de l'air, 5 % par volume.
- Pour les applications spéciales: l'atmosphère à l'étude.

6.3.2 Essais d'inflammation avec impulsions uniques d'une durée inférieure à 1 ms

Les essais d'inflammation pour le rayonnement d'onde à impulsions d'une durée inférieure à 1 ms doivent impliquer un mélange gaz-air conformément à ce qui suit:

- Pour les atmosphères IIC: H_2 dans l'air, 12 % et 21 % par volume ou CS_2 dans l'air, 6,5 % par volume.
- Pour les atmosphères IIB: éthylène dans l'air, 5,5 % par volume.
- Pour les atmosphères I et IIA: éther diéthylique, 3,4 % par volume, ou propane dans l'air, 4 % par volume. Si du propane dans l'air est utilisé, diviser les énergies d'inflammation minimales obtenues avec le propane par 1,2 si les critères d'acceptation sont appliqués.
- Pour les applications spéciales: l'atmosphère à l'étude.

6.3.3 Essais pour trains d'impulsions et impulsions d'une durée comprise entre 1 ms et 1 s

Les essais d'inflammation pour le rayonnement d'onde à impulsions d'une durée comprise entre 1 ms et 1 s et pour tous les trains d'impulsions doivent impliquer un mélange gaz-air conformément à ce qui suit:

- essais d'inflammation réalisés avec des mélanges gaz-air conformément à l'essai ci-dessus de "rayonnement d'onde à impulsions d'une durée supérieure à 1 s", suivis par
- essais d'inflammation réalisés avec un mélange gaz-air conformément à l'essai ci-dessus de "rayonnement d'onde à impulsions d'une durée inférieure à 1 ms".

6.3.4 Cibles d'absorbeur pour les essais de type

La cible d'absorbeur doit être maintenue à la même température que le mélange gaz-air.

Lorsqu'il est exposé, la cible d'absorbeur doit être physiquement et chimiquement inerte pendant la durée de l'essai. Il est nécessaire que l'absorbeur ait une absorption très élevée pour agir presque comme un corps noir.

Pour toutes les sources de transmission optique, la cible d'absorbeur doit présenter une propriété d'absorption supérieure à 80 % dans la longueur d'onde concernée. Des