

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60079-28

Première édition
First edition
2006-08

Atmosphères explosives –

Partie 28:

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

Explosive atmospheres –

Part 28:

**Protection of equipment and transmission
systems using optical radiation**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60079-28:2006

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Service clients

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

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

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Customer Service Centre

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

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60079-28

Première édition
First edition
2006-08

Atmosphères explosives –

Partie 28:

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

Explosive atmospheres –

Part 28:

**Protection of equipment and transmission
systems using optical radiation**

© IEC 2006 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

W

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

**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:

ISH	Report on voting
31/1102/ISH	31/1114/RVD

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.

IEC 60079-28:2006 (1st edition) Explosive atmospheres – Protection of equipment and transmission systems using optical radiation

Following decision No 12 of the TC 31 meeting in Melbourne in 2011, the issuing of an Interpretation Sheet for IEC 60079-28:2006 (1st edition) was requested, in order to clarify the scope of the existing standard.

Question

Does the scope of this standard cover

- 1) non-array divergent LEDs;
- 2) luminaires;
- 3) optical radiation sources for Mb, Gb or Gc applications which comply with Class 1 limits in accordance with IEC 60825-1;
- 4) single or multiple optical fibre cables not part of optical fibre equipment; or
- 5) enclosed equipment involving an enclosure that fully contains the optical radiation and that complies with a suitable type of protection?

Answer

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 (other than for Group I) 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 only).

**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:

ISH	Rapport de vote
31/1102/ISH	31/1114/RVD

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.

IEC 60079-28:2006 (1ère édition), Atmosphères explosives – Protection du matériel et des systèmes de transmission utilisant le rayonnement optique

Suivant la décision No 12 de la réunion du CE 31 en 2011 à Melbourne, il a été requis la publication d'une Feuille d'Interprétation pour la 1ère édition de l'IEC 60079-28:2006 en vue de clarifier le domaine d'application de la norme existante.

Question

Le domaine de définition de cette norme couvre-t-il

- 1) les LED à divergence non disposés en matrices;
- 2) les luminaires;
- 3) les sources de rayonnements optiques pour les applications Mb, Gb ou Gc qui sont conformes aux limites de la Classe 1 conformément à l'IEC 60825-1;
- 4) les câbles à une ou plusieurs fibres optiques ne faisant pas partie de l'équipement à fibres optiques; ou
- 5) le matériel sous enveloppe impliquant une enveloppe fournissant un confinement complet du rayonnement optique et qui est conforme à un type approprié de protection?

Réponse

La présente norme est applicable aux matériels à fibres optiques et aux matériels optiques, y compris les équipements laser et à LED, à l'exception des matériels énumérés ci-après :

- 1) Les LED à divergence non disposées en matrice, utilisées par exemple pour présenter l'état de l'équipement ou pour la fonction de rétroéclairage.
- 2) Tous les luminaires (fixes, portatifs ou transportables), les lampes portatives et les lampes-chapeaux (autres que celles du Groupe I) alimentés par un réseau (avec ou sans isolation galvanique) ou alimentés par batterie
 - avec des sources de lumière divergentes continues (pour tous les EPL, (*Equipment Protection Levels*: niveaux de protection du matériel);
 - avec des sources de lumière à LED (uniquement pour les EPL Gc).

- 3) Optical radiation sources for Mb, Gb or Gc applications which comply with Class 1 limits in accordance with IEC 60825-1.
- 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 Gb, Mb or Gc);
 - comply with the relevant industrial standards (for Gc).
- 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), or
 - an enclosure for which protection regarding ingress of an explosive atmosphere is provided, such as pressurized "p" enclosures, restricted breathing "nR" enclosure", 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 For these scope exclusions it is anticipated that the enclosures are not opened in the explosive atmosphere, so that ingress is protected.

- 3) Les sources de rayonnements optiques pour les applications Mb, Gb ou Gc qui sont conformes aux limites de la Classe 1 conformément à l'IEC 60825-1.
- 4) Les câbles à une ou plusieurs fibres optiques ne faisant pas partie de l'équipement à fibres optiques si les câbles
- sont conformes aux normes industrielles pertinentes, avec des moyens de protection supplémentaires, par exemple, câblage robuste, conduit ou chemin de câbles (pour Gb, Mb ou Gc);
 - sont conformes aux normes industrielles pertinentes (pour Gc).
- 5) Le matériel sous enveloppe impliquant une enveloppe fournissant un confinement complet du rayonnement optique et qui est conforme à un type approprié de protection tel que requis par l'EPL concerné; l'enveloppe étant conforme à l'une des conditions suivantes:
- une enveloppe pour laquelle un allumage dû au rayonnement optique en combinaison avec des absorbeurs à l'intérieur de cette enveloppe serait acceptable (par exemple, enveloppes antidéflagrantes "d"), ou
 - une enveloppe pour laquelle une protection contre la pénétration d'une atmosphère explosive gazeuse est fournie, par exemple les enveloppes à surpression interne "p", les enveloppes à respiration limitée "nR", ou
 - une enveloppe pour laquelle une protection liée à la pénétration des absorbeurs est fournie (par exemple, les enveloppes à degré de protection IP 6X) et où aucun absorbeur interne ne doit être prévu.

NOTE Pour ces exclusions du domaine d'application, il est prévu que les enveloppes ne soient pas ouvertes dans l'atmosphère explosive, de sorte à assurer la protection contre la pénétration.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	10
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives	14
3 Termes et définitions	14
4 Exigences générales	20
4.1 Matériels optiques	20
4.2 Niveaux de risque	20
5 Modes de protection	22
5.1 Généralités	22
5.2 Exigences pour les rayonnements optiques à sécurité intrinsèque, mode de protection «op is»	22
5.3 Exigences pour rayonnement optique protégé «op pr»	26
5.4 Asservissement de rayonnement optique avec rupture de fibre optique «op sh»	28
5.5 Adaptation des modes de protection	28
6 Vérification et essais de mode	30
6.1 Montage d'essai pour essais d'inflammation	30
6.2 Essai de référence	32
6.3 Mélanges d'essai	34
6.4 Essais pour trains d'impulsion et impulsions entre 1 ms et 1 s	34
7 Marquage	34
7.1 Généralités	34
7.2 Information de marquage	36
7.3 Exemples de marquage	36
Annexe A (normative) Données d'essai de référence	38
Annexe B (informative) Mécanismes d'inflammation	40
Annexe C (normative) Evaluation du risque d'inflammation	52
Annexe D (informative) Concept de câble à fibre optique typique	56
Annexe E (informative) Introduction à une méthode alternative d'évaluation des risques incluant les « niveaux de protection du matériel » pour les matériels Ex	58
Bibliographie	68
Figure 1 – Figure B.1 avec les lignes de limite pour les surfaces intermédiaires pour cibles non combustibles, atmosphères T1 – T4, groupe de matériel IIA, IIB ou IIC	24
Figure B.1 – Puissance d'inflammation rayonnante minimale avec cible d'absorbeur inerte ($\alpha_{1\,064\,nm}=83\%$, $\alpha_{805\,nm}=93\%$) et rayonnement d'onde continue de 1 064 nm	46
Figure B.2 – Puissance d'inflammation rayonnante minimale avec cible d'absorbeur inerte ($\alpha_{1\,064\,nm}=83\%$, $\alpha_{805\,nm}=93\%$) et rayonnement d'onde continue (PTB: 1 064 nm, HSL: 805 nm, [24]: 803 nm) pour certains n-alkylbenzènes	48
Figure C.1 – Evaluation du risque d'inflammation	52
Figure D.1 – Exemple de concept de câble optique à fibre multiple pour applications à haut rendement	56
Figure D.2 – Concept de câble à fibre optique unique typique	56

CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	11
1 Scope.....	13
2 Normative references	15
3 Terms and definitions	15
4 General requirements	21
4.1 Optical equipment	21
4.2 Risk levels.....	21
5 Types of protection.....	23
5.1 General.....	23
5.2 Requirements for inherently safe optical radiation “op is”	23
5.3 Requirements for protected optical radiation “op pr”	27
5.4 Optical radiation interlock with optical fibre breakage “op sh”	29
5.5 Suitability of types of protection.....	29
6 Type verifications and tests	31
6.1 Test set-up for ignition tests	31
6.2 Reference test.....	33
6.3 Test mixtures	35
6.4 Tests for pulse trains and pulses between 1 ms and 1 s duration	35
7 Marking	35
7.1 General.....	35
7.2 Marking information.....	37
7.3 Examples of marking.....	37
Annex A (normative) Reference test data.....	39
Annex B (informative) Ignition mechanisms	41
Annex C (normative) Ignition hazard assessment.....	53
Annex D (informative) Typical optical fibre cable design	57
Annex E (informative) Introduction of an alternative risk assessment method encompassing “equipment protection levels” for Ex equipment	59
Bibliography.....	69
Figure 1 – Figure B.1 with limit lines for intermediate areas for non-combustible targets, T1 – T4 atmospheres, apparatus group IIA, IIB or IIC.....	25
Figure B.1 – Minimum radiant igniting power with inert absorber target (α_1 064 nm=83 %, $\alpha_{805\text{ nm}}$ =93 %) and continuous wave-radiation of 1 064 nm.....	47
Figure B.2 – Minimum radiant igniting power with inert absorber target (α_1 064 nm=83 %, $\alpha_{805\text{ nm}}$ =93 %) and continuous wave-radiation (PTB: 1 064 nm, HSL: 805 nm, [24]: 803 nm) for some n-alkanes	49
Figure C.1 – Ignition hazard assessment	53
Figure D.1 – Example multi-fibre optical cable design for heavy duty applications.....	57
Figure D.2 – Typical single optical fibre cable design.....	57

Tableau 1 – Relation entre EPL et probabilité d'une source d'inflammation	20
Tableau 2 – Puissance optique et éclairage sûrs pour les emplacements dangereux par catégorie de groupe de matériel et de classe de température	22
Tableau 3 – Disponibilité d'asservissement optique ou facteur de réduction du risque par EPL	28
Tableau 4 – Application des modes de protection pour les systèmes optiques basés sur des EPLs	30
Tableau A.1 – Valeurs de référence pour essais d'inflammation avec un mélange de propane dans l'air à une température de 40 °C	38
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 ($\alpha_{1\,064\,nm}=83\%$, $\alpha_{805\,nm}=93\%$)	44
Tableau B.2 – Comparaison de l'énergie d'impulsion optique d'inflammation minimale ($Q_{e,p}^{i,min}$) à faisceau de diamètre 90 μm avec des températures d'auto inflammation (AIT) et des énergies d'inflammation minimales (MIE) à partir de la littérature [25] à des concentrations en pourcentage par volume (φ)	50
Tableau E.1 – Relation traditionnelle entre EPLs et zones (sans évaluation de risque complémentaire)	62
Tableau E.2 – Description de la protection contre le risque d'inflammabilité fournie	64

Table 1 – Relationship between EPL and the probability of an ignition source.....	21
Table 2 – Safe optical power and irradiance for hazardous locations categorized by apparatus group and temperature class	23
Table 3 – Optical interlock availability or ignition risk reduction factor by EPL.....	29
Table 4 – Application of types of protection for optic systems based on EPLs	31
Table A.1 – Reference values for ignition tests with a mixture of propane in air at 40 °C mixture temperature	39
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 ($\alpha_{1\ 064\ \text{nm}}=83\ \%$, $\alpha_{805\ \text{nm}}=93$)	45
Table B.2 – Comparison of measured minimum igniting optical pulse energy ($Q_{\text{e,p,i,min}}$) at 90 μm beam diameter with auto ignition temperatures (AIT) and minimum ignition energies (MIE) from literature [25] at concentrations in percent by volume (φ)	51
Table E.1 – Traditional relationship of EPLs to zones (no additional risk assessment)	63
Table E.2 – Description of risk of ignition protection provided	65

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

La Norme internationale CEI 60079-28 a été établie par le comité d'études 31 de la CEI: Equipements pour atmosphères explosives.

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

FDIS	Rapport de vote
31/631/FDIS	31/650/RVD

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

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

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.

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

FDIS	Report on voting
31/631/FDIS	31/650/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.

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.CEI.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 du corrigendum de mars 2010 et de la feuille d'interprétation de mars 2014 a été pris en considération dans cet exemplaire.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-28:2006

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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 corrigendum of March 2010 and the Interpretation Sheet of March 2014 have been included in this copy.

Withdrawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-28:2006

INTRODUCTION

Les matériels optiques sous forme de lampes, lasers, diodes électroluminescentes (DEL), fibres optiques, etc. sont de plus en plus utilisés dans la communication, la surveillance, la détection et les mesures. Dans les procédés d'élaboration de matériaux, des rayonnements optiques de fort éclairement sont utilisés. Les installations sont fréquemment à l'intérieur ou proches d'atmosphères potentiellement explosives, et les rayonnements provenant de tels matériels sont susceptibles de traverser ces atmosphères. Suivant ses caractéristiques, le rayonnement peut être capable d'enflammer une atmosphère explosive environnante. La présence ou l'absence d'un absorbeur supplémentaire 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 amorcera 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.
- c) L'inflammation photochimique due à la photodissociation des molécules d'oxygène par le rayonnement dans l'étendue des longueurs d'ondes des ultraviolets.
- d) 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'allumage. Ces processus peuvent se produire 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 impulsion, le cas d) devient applicable.

Le matériel optique est utilisé dans la plupart des cas conjointement à un matériel électrique, pour lequel il existe des exigences claires et détaillées et des normes pour l'utilisation en atmosphères potentiellement explosives. Un des objectifs de cette norme est d'informer l'industrie sur les risques d'inflammation potentiels associés à l'utilisation de systèmes optiques dans des emplacements dangereux tels que définis dans la CEI 60079-10 et sur les méthodes de protection adéquates.

Cette norme détaille le système intégré utilisé pour surveiller le risque d'inflammation des matériels utilisant le rayonnement optique dans des emplacements dangereux.

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. Often the installation is inside or close to potentially explosive atmospheres, and 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 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.
- 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 at the focus of a strong beam, producing plasma and a shock wave both eventually acting as the 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.

Optical equipment is used in most cases in conjunction with electrical equipment, for which clear and detailed requirements and standards for use in potentially explosive atmospheres exist. One purpose of this standard is to inform industry about potential ignition hazards associated with the use of optical systems in hazardous locations as defined in IEC 60079-10 and the adequate protection methods.

This standard details the integrated system used to control the ignition hazard from equipment using optical radiation in hazardous locations.

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

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

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60079 explique le risque d'inflammation potentiel à partir de matériel utilisant un rayonnement optique et destiné à être utilisé en atmosphères explosives gazeuses. Elle couvre également le matériel, lui-même situé à l'extérieur mais dont les rayonnements optiques pénètrent de telles atmosphères. Elle décrit les précautions à prendre et les exigences lors de l'utilisation de matériels transmettant des rayonnements optiques dans des atmosphères explosives gazeuses. Elle souligne également une méthode d'essai, qui peut être utilisée pour vérifier qu'un faisceau n'est pas capable d'inflammation dans des conditions d'essai choisies, si les valeurs limites optiques ne peuvent être garanties par l'évaluation ou la mesure de la force du faisceau.

Cette norme contient des exigences pour le rayonnement optique dans l'étendue de longueur d'onde de 380 nm à 10 μ m. 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 amorcera l'inflammation de l'atmosphère explosive environnante;
- 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'allumage. Ces processus peuvent prendre naissance dans des matériaux, à proximité du point de claquage.

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

Cette 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 de cette norme.

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

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

NOTE 2 Il convient que les mécanismes d'inflammation b) et c) expliqués dans l'introduction soient connus de tous; ils ne sont cependant pas repris dans cette norme à cause de la situation très particulière du rayonnement ultraviolet et des propriétés d'absorption de la plupart des gaz (voir Annexe B).

NOTE 3 Les exigences de sécurité pour limiter les dangers de l'exposition des personnes aux systèmes de communication par fibres optiques se trouvent dans la CEI 60825-2:2000.

NOTE 4 Les modes de protection «op is», «op pr» et «op sh» peuvent fournir les niveaux de protection de matériel (EPL) Ga, Gb ou Gc. Pour plus d'informations, voir l'Annexe E.

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

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

1 Scope

This part of IEC 60079 explains the potential ignition hazard from equipment using optical radiation intended for use in explosive gas atmospheres. It also covers equipment, which itself is located outside but its emitted optical radiation enters such atmospheres. It describes precautions and requirements to be taken when using optical radiation transmitting equipment in explosive gas atmospheres. It also outlines a test method, which can be used to verify a beam is not ignition capable under selected test conditions, if the optical limit values cannot be guaranteed by assessment or beam strength measurement.

This standard contains requirements for optical radiation in the wavelength range from 380 nm to 10 μ m. 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;
- direct laser induced breakdown of the gas at the focus of a strong beam, producing plasma and a shock wave both eventually acting as the ignition source. These processes can be supported by a solid material close to the breakdown point.

NOTE 1 See items 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 will take precedence.

NOTE 2 Although one should be aware of ignition mechanism b) and c) explained in the introduction, 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 B).

NOTE 3 Safety requirements to reduce human exposure hazards from fibre optic communication systems are found in IEC 60825-2:2000.

NOTE 4 Types of protection "op is", "op pr", and "op sh" can provide equipment protection levels (EPL) Ga, Gb, or Gc. For further information, see Annex E.

2 Références normatives

Les documents référencés ci-après sont indispensables pour l'application de ce document. Pour des références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, l'édition la plus récente du document référencé (y compris tous ses amendements) s'applique.

CEI 60079 (toutes les parties), *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses*

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

CEI 60079-10, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 10: Classement des emplacements dangereux*

CEI 60079-11, *Atmosphères explosives – Partie 11: Protection de l'équipement par sécurité intrinsèque «i»*

CEI 60825-2, *Sécurité des appareils à laser – Partie 2: Sécurité des systèmes de communication par fibres optiques*

CEI 61508 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité*

CEI 61511 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle – Systèmes instrumentés de sécurité pour le secteur des industries de transformation*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de la CEI 60079-0 et les suivants s'appliquent.

NOTE Des définitions complémentaires applicables aux atmosphères explosives se trouvent dans la CEI 60050-426[1]¹.

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

[VEI 731-03-04]

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

[VEI 731-01-35]

NOTE La notion de diamètre d'un faisceau est surtout employée dans le cas d'un faisceau de section droite circulaire ou presque circulaire.

3.3

force du faisceau

terme d'ordre général utilisé dans cette norme pour se référer à la puissance du faisceau optique, son éclairage, son énergie ou son exposition énergétique

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

2 Normative references

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

IEC 60079 (all parts), *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres*

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

IEC 60079-10, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 10: Classification of hazardous areas*

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

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

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 61511 (all parts), *Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector*

3 Terms and definitions

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

NOTE Additional definitions applicable to explosive atmospheres can be found in IEC 60050-426 [1]¹.

3.1

absorption

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

[IEV 731-03-14]

3.2

beam diameter (or beam width)

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

[IEV 731-01-35]

NOTE Most commonly applied to beams that are circular or nearly circular in cross section.

3.3

beam strength

a general term used in this standard referring to an optical beam's power, irradiance, energy, or radiant exposure

¹ Figures in square brackets refer to the bibliography.

3.4

cœur

la partie centrale d'une fibre optique à travers laquelle est transmise la plus importante partie de la puissance optique

[VEI 731-02-04, modifié]

3.5

gaine

matériau diélectrique d'une fibre optique, entourant le cœur

[VEI 731-02-05, modifié]

3.6

faisceau de fibres

assemblage de fibres optiques non protégées par revêtement

[VEI 731-04-09, modifié]

3.7

dispositif terminal à fibre 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

[VEI 731-06-44]

NOTE Un dispositif d'extrémité de fibre optique possède toujours un ou plusieurs connecteurs ou amorces de fibre optique.

3.8

rayonnement optique à sécurité intrinsèque

rayonnement visible ou infrarouge qui est incapable de fournir suffisamment d'énergie dans des conditions normales ou des conditions de défaut spécifiées pour provoquer l'inflammation d'un mélange atmosphérique spécifique dangereux

NOTE Cette définition est analogue au terme «sécurité intrinsèque» appliquée aux circuits électriques.

3.9

éclairage énergétique

rapport de la puissance rayonnante incidente sur un élément de surface, sur la surface de cet élément

[VEI 731-01-25, modifié]

3.10

lumière (ou rayonnement visible)

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

[VEI 731-01-04]

NOTE 1 Les limites du domaine spectral de la lumière sont généralement fixées à des longueurs d'onde dans le vide voisines de 380 et 800 nm.

NOTE 2 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.

3.4**core**

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

[IEV 731-02-04]

3.5**cladding**

that dielectric material of an optical fibre surrounding the core

[IEV 731-02-05]

3.6**fibre bundle**

an assembly of unbuffered optical fibres

[IEV 731-04-09]

3.7**fibre optic terminal device**

an 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

[IEV 731-06-44]

NOTE A fibre optic terminal device always has one or more integral fibre optic connector(s) or optical fibre pigtails(s).

3.8**inherently safe optical radiation**

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

NOTE This definition is analogous to the term "intrinsically safe" applied to electrical circuits.

3.9**irradiance**

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

[IEV 731-01-25]

3.10**light (or visible radiation)**

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

[IEV 731-01-04]

NOTE 1 Nominally covering the wavelength in vacuum range of 380 nm to 800 nm.

NOTE 2 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.

3.11

énergie d'allumage minimale

MIE

énergie électrique la plus basse stockée dans un condensateur qui au cours de la décharge est suffisante pour provoquer l'inflammation de la plus inflammable des atmosphères explosives dans des conditions d'essai spécifiées

3.12

fibre optique

guide d'ondes optiques en forme de filament, composé de matériau diélectrique

[VEI 731-02-01, modifié]

3.13

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

[VEI 731-04-01]

3.14

système de communication à fibre optique

OFCS (optical fibre communication system)

assemblage technique complet, destiné à la génération, au transfert et à la réception d'un rayonnement optique provenant de lasers, de DEL ou d'amplificateurs optiques, dans lequel la propagation des photons est assurée au moyen de fibres optiques, dans un but de communication et/ou de commande

3.15

système de communication optique en espace libre

FSOCS (free space optical communication system)

système installé en espace libre, portable ou temporaire, typiquement utilisé, destiné ou promu pour les communications par la voix, les données ou le multimédia et/ou dans un but de commande par l'utilisation de rayonnement optique modulé produit par un laser ou une LED-IR. «Espace libre» s'entend pour des applications optiques sans câble à l'intérieur ou à l'extérieur aussi bien avec transmission directe qu'indirecte. Les ensembles émettant ou détectant peuvent être ou ne pas être séparés.

NOTE Les définitions ci-dessus proviennent du comité d'études 76 de la CEI. Cette norme ne traitant pas uniquement des «systèmes de communication», une définition d'ordre plus général serait utile.

3.16

puissance optique (ou puissance rayonnante)

dérivée de l'énergie rayonnante par rapport au temps

[VEI 731-01-22]

3.17

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, approximativement soit entre 1 nm et 1 000 µm

[VEI 731-01-03]

NOTE Dans le contexte de cette norme, le terme «optique» se réfère aux longueurs d'onde de 380 nm à 10 µm.

3.11**minimum ignition energy****MIE**

lowest electrical energy stored in a capacitor which upon discharge is sufficient to effect ignition of the most ignitable explosive atmosphere under specified test conditions

3.12**optical fibre**

filament shaped optical waveguide made of dielectric materials

[IEV 731-02-01]

3.13**optical fibre cable**

an 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

[IEV 731-04-01]

3.14**optical fibre communication system****OFCS**

engineered, end-to-end assembly for the generation, transference and reception of optical radiation arising from lasers, LEDs or optical amplifiers, in which the transference is by means of optical fibre for communication and/or control purposes

3.15**free space optical communication system****FSOCS**

an installed, portable, or temporarily mounted, through-the-air system typically used, intended or promoted for voice, data or multimedia communications and/or control purposes via the use of modulated optical radiation produced by a laser or IR-LED. "Free space" means indoor and outdoor optical wireless applications with both non-directed and directed transmission. Emitting and detecting assemblies may or may not be separated.

NOTE The above definitions are from IEC TC 76. This standard is not only dealing with "communication systems", so a more general definition could be useful.

3.16**optical (or radiant) power**

the time rate of flow of radiant energy with time

[IEV 731-01-22]

3.17**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 1 000 µm

[IEV 731-01-03]

NOTE In the context of this standard, the term "optical" refers to wavelengths ranging from 380 nm to 10 µm.

3.18

câble à fibres optiques protégé

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

3.19

énergie rayonnante

énergie émise, transmise ou reçue sous forme d'ondes électromagnétiques

[VEI 731-01-21]

3.20

exposition énergétique

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

[VEI 393-14-84, modifié et VEI 845-01-42, modifié] ²

4 Exigences générales

4.1 Matériels optiques

Les parties et circuits électriques à l'intérieur et à l'extérieur du matériel optique doivent tous être conformes aux normes en vigueur pour le matériel électrique.

4.2 Niveaux de risque

Trois niveaux de protection du matériel (EPL pour equipment protection level) sont définis: Ga, Gb, Gc (voir l'Annexe E). Le Tableau 1 donne la relation entre les EPL et la probabilité d'une source d'inflammation.

Tableau 1 – Relation entre EPL et probabilité d'une source d'inflammation

EPL	Protection requise
Ga	Inflammation improbable avec un défaut ou deux défauts indépendants ou dans de rares cas de dysfonctionnement
Gb	Inflammation improbable avec un défaut ou en cas de dysfonctionnement prévu
Gc	Inflammation improbable en condition normale de fonctionnement

Une évaluation du risque d'inflammation, comme décrite à l'Annexe C, doit être menée pour identifier les mécanismes d'inflammation et les sources d'inflammation provoqués par le principe de fonctionnement spécifique du matériel utilisant le rayonnement optique.

Les concepts de protection sélectionnés de l'Article 5 pour protéger les matériels spécifiques dépendent de cette évaluation du risque d'inflammation en considérant le tableau des probabilités d'inflammation donné ci-dessus pour les différents EPL.

NOTE Le comité d'études 31 de la CEI a décidé de l'introduction des «niveaux de protection des matériels» Ga, Gb, Gc.

² CEI 60050-393:2003, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 393: Instrumentation nucléaire – Phénomènes physiques et notions fondamentales*

CEI 60050-845:1987, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 845: Eclairage*

3.18**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

3.19**radiant energy**

energy that is emitted, transmitted or received via electromagnetic waves

[IEV 731-01-21]

3.20**radiant exposure**

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

[IEV 393-14-84, modified, and IEC 845-01-42, modified] ²⁾

4 General requirements**4.1 Optical equipment**

All electrical parts and circuits inside and outside optical equipment shall comply with the appropriate standards for electrical apparatus.

4.2 Risk levels

Three different equipment protection levels Ga, Gb, Gc are defined (see Annex E). Table 1 shows the relationship between the EPL and the probability of an ignition source:

Table 1 – Relationship between EPL and the probability of an ignition source

EPL	Protection required
Ga	Ignition not likely with one fault and two independent faults or in the case of rare malfunctions
Gb	Ignition not likely with one fault or in the case of expected malfunctions
Gc	Ignition not likely in normal operation

An ignition hazard assessment, as given in Annex C, has to be carried out to identify the ignition mechanisms and ignition sources caused by the specific working principle of the equipment using optical radiation.

The types of protection selected from section 5 to protect the specific equipment depend on this ignition hazard assessment considering the table of ignition probabilities given above for the different EPLs.

NOTE In IEC TC 31, the introduction of "equipment protection levels (EPL) Ga, Gb, Gc" was decided.

²⁾ IEC 60050-393:2003, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 393: Nuclear instrumentation – Physical phenomena and basic concepts*

IEC 60050-845:1987, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 845: Lighting*

5.1 Généralités

Ces modes de protection sont

- ## 5.2 Exigences pour les rayonnements optiques à sécurité intrinsèque, mode de protection «op is»

5.2.1 Généralités

NOTE La recherche, à ce jour [17-22], a conclu que les valeurs suivantes de force de faisceau visible et infrarouge sont sûres (non dangereuses) pour les atmosphères explosives gazeuses. Les valeurs sûres comprennent un faible facteur de sécurité sur les valeurs d'inflammation observées dans des conditions d'essai défavorables. L'inflammation d'un mélange de sulfure de carbone – air a été rapportée en utilisant une puissance optique de 24 mW.

5.2.2 Rayonnement d'une onde continue

Les puissances optiques ou les éclaircissements optiques ne doivent pas dépasser les valeurs de la liste du Tableau 2, par catégorie de groupe de matériel et de classe de température. Les valeurs d'éclaircissement sont sûres jusqu'à une surface exposée maximale de 400 mm². Pour les surfaces exposées au dessus de 400 mm², les limites de température de la classe de température adéquate s'appliquent. Le Tableau 2 contient des informations sur les absorbeurs combustibles ou non combustibles. Comme alternative au Tableau 2, pour les surfaces cibles intermédiaires sans cible solide combustible, les valeurs de puissance sûres peuvent être représentées à partir de la Figure 1.

Tableau 2 – Puissance optique et éclairement sûrs pour les emplacements dangereux par catégorie de groupe de matériel et de classe de température

Groupe de matériel	I	IIA	IIA	IIB	IIC	
Classe de température		T3	T4	T4	T4	T6
Classe de température (°C)	<150	<200	< 135	< 135	< 135	< 85
Puissance (mW)	150	150	35	35	35	15
Eclairement (mW/mm²) (surface ne dépassant pas 400 mm²) ^b	20 ^a	20 ^a	5	5	5	5

a Pour les surfaces exposées supérieures à 30 mm² où les matériaux combustibles sont susceptibles d'intercepter le faisceau, la limite d'exposition 5 mW/mm² s'applique.

5 Types of protection

5.1 General

Three types of protection can be applied to prevent ignitions by optical radiation in potentially 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”;
- c) optical system with interlock, type of protection “op sh”.

5.2 Requirements for inherently safe optical radiation “op is”

5.2.1 General

Inherently safe optical radiation means visible or infrared radiation that 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.

NOTE Research to date [17-22] has concluded the following values of visible and infrared beam strength are safe for explosive gas atmospheres. The safe values incorporate a modest safety factor on observed ignition values obtained under severe test conditions. Ignition of a carbon disulfide-air mixture has been reported recently using 24 mW optical power.

5.2.2 Continuous wave radiation

Optical powers or optical irradiance shall not exceed the values listed in Table 2, categorized by apparatus group and temperature class. The irradiance values are safe up to a maximum irradiated surface area of 400 mm². For irradiated surface areas above 400 mm², the temperature limits of the relevant temperature class apply. Table 2 contains information on combustible and on non-combustible absorbers. As an alternative to Table 2, for intermediate target surface areas where combustible solid targets can be excluded safe power values can be drawn from Figure 1.

Table 2 – Safe optical power and irradiance for hazardous locations categorized by apparatus group and temperature class

Apparatus group	I	IIA	IIB	IIC
Temperature class		T3	T4	T4, T6
Temperature class (°C)	<150	< 200	< 135	< 135, < 85
Power (mW)	150	150	35	35, 15
Irradiance (mW/mm ²) (surface area not exceeding 400 mm ²)	20 ^a	20 ^a	5	5
^a For irradiated areas greater than 30 mm ² where combustible materials may intercept the beam, the 5 mW/mm ² irradiance limit applies.				

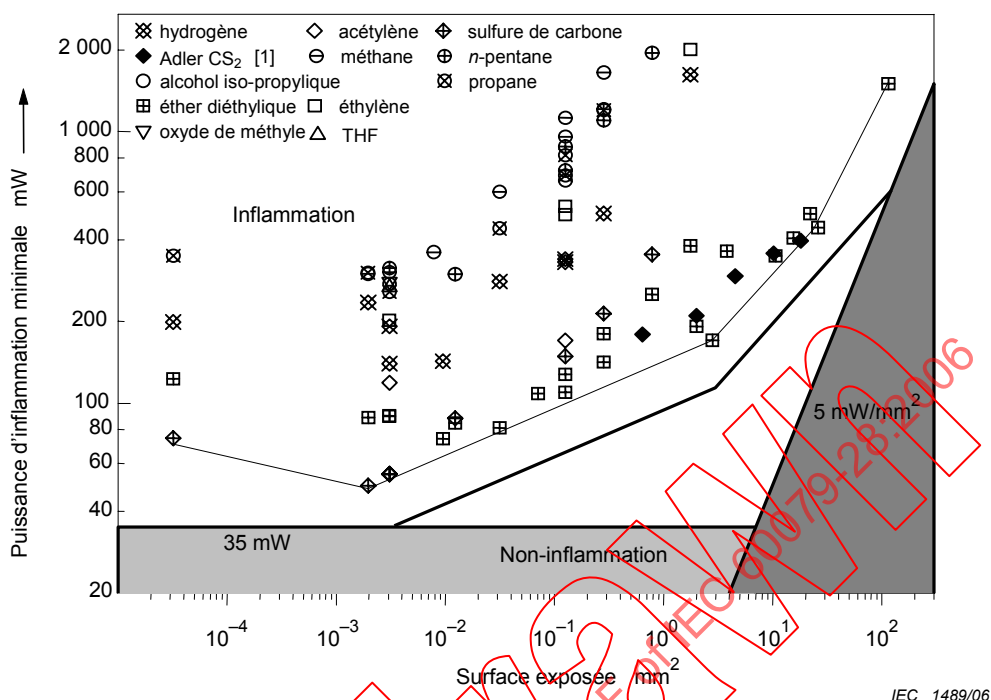


Figure 1 – Figure B.1 avec les lignes de limite pour les surfaces intermédiaires pour cibles non combustibles, atmosphères T1 – T4, groupe de matériel IIA, IIB ou IIC

5.2.3 Rayonnement impulsionnel

Pour une durée d'impulsion optique de moins de 1 ms, l'énergie de l'impulsion optique ne doit pas dépasser l'énergie d'inflammation par étincelle minimale (MIE) de l'atmosphère explosive gazeuse respective.

Pour une durée d'impulsion optique entre 1 ms et 1 s, une énergie d'impulsion optique égale à 10 fois l'énergie d'inflammation par étincelle minimale (MIE) de l'atmosphère explosive gazeuse ne doit pas être dépassée.

Pour une durée d'impulsion optique supérieure à 1 s, la puissance de crête ne doit pas dépasser les niveaux de sécurité des rayonnements d'onde continue (voir 5.2.2, Tableau 2). De telles impulsions sont considérées comme des rayonnements d'onde continue.

Pour les trains d'impulsions optiques, le seul critère d'impulsion s'applique pour chaque impulsion. Avec une fréquence au dessus de 100 Hz, la puissance moyenne ne doit pas dépasser les niveaux de sécurité des rayonnements d'onde continue. Avec des fréquences en dessous de 100 Hz, une puissance moyenne plus élevée est susceptible d'être applicable si cela est démontré par les essais décrits à l'Article 6.

5.2.4 Essais d'inflammation

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

- faisceaux de dimensions intermédiaires ou de durée susceptibles de dépasser le critère d'inflammation optique minimal mais étant toujours incapables de provoquer une inflammation;

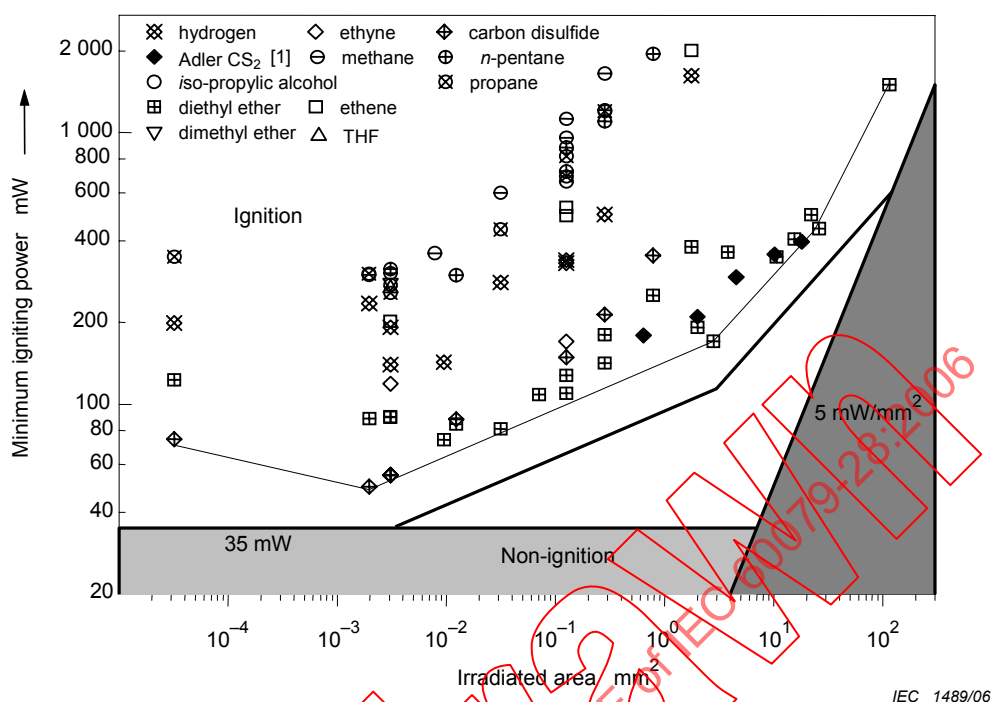


Figure 1 – Figure B.1 with limit lines for intermediate areas for non-combustible targets, T1 – T4 atmospheres, apparatus group IIA, IIB or IIC

5.2.3 Pulsed radiation

For optical pulse duration of less than 1 ms, the optical pulse energy shall not exceed the minimum spark ignition energy (MIE) of the respective explosive gas atmosphere.

For optical pulse duration between 1 ms and 1 s, an optical pulse energy equal to 10 times the MIE of the explosive gas atmosphere shall not be exceeded.

For optical pulse duration greater than 1 s, the peak power shall not exceed the safety levels for continuous wave radiation (see 5.2.2, Table 2). Such pulses are considered as continuous wave radiation.

For optical pulse trains, the single pulse criterion applies for each pulse. With repetition rates above 100 Hz, the average power shall not exceed the safety levels for continuous wave radiation. With repetition rates below 100 Hz, a higher average power may be applicable if demonstrated by tests according to Clause 6.

5.2.4 Ignition tests

Ignition tests to demonstrate inherent safety may be performed in special cases such as

- beams of intermediate dimensions or duration that may exceed the minimum optical ignition criteria but are still incapable of causing ignition;

- 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.

L'essai doit être réalisé avec 10 échantillons de la source lumineuse comme spécifié à l'Article 6. L'essai est réussi s'il n'y a pas d'inflammation pendant les 10 essais.

5.2.5 Dispositifs optiques comprenant le concept de sécurité intrinsèque

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 potentiellement explosive. L'analyse de risque/danger doit déterminer la nécessité de ces dispositifs supplémentaires. Les modes de défaillance de la source optique, la barrière d'alimentation, et la présence d'une atmosphère explosive doivent être considérés en fonctionnement normal et en condition de défaut afin de déterminer l'exigence d'une protection supplémentaire.

Les sources optiques telles que les diodes lasers ou les diodes électroluminescentes subiront une défaillance en cas de surchauffe dans des conditions de défaut de surpuissance. Les caractéristiques de défaillance thermique de certaines sources optiques sont susceptibles de fournir la protection nécessaire au défaut de surpuissance (essai de 10 échantillons).

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 au défaut de surpuissance similaire aux circuits de sécurité intrinsèque.

Une protection au défaut de surpuissance doit être fournie au niveau nécessaire pour l'EPL prévu (voir par exemple la CEI 60079-11). Pour les Ga, par exemple, les limiteurs de courant et/ou de tension doivent fournir une protection au défaut de surpuissance après que deux défauts comptés soient appliqués au limiteur de courant et/ou de tension. Pour les Gb, l'exigence des deux défauts peut être ramenée à une défaillance. Pour les matériels Gc, les valeurs assignées doivent être prises sans supposition de défaut. La caractéristique de défaillance thermique de certaines sources optiques de faible puissance telles que les diodes électroluminescentes est acceptable pour fournir une protection de surpuissance adaptée pour toute EPL.

5.3 Exigences pour rayonnement optique protégé «op pr»

5.3.1 Généralités

Ce concept nécessite un rayonnement confiné 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. L'analyse de risque fournit les exigences de sécurité basées sur des conditions postulées (conditions de défaut ou normales).

La fibre optique peut être utilisée pour des situations où il n'y a pas de conditions telles qu'une force externe soit susceptible de provoquer une rupture de la barrière protectrice. Des moyens de protection supplémentaires (par exemple câblage robuste, conduit ou chemin) doivent être utilisés lorsque des forces externes sont susceptibles de provoquer une rupture en fonctionnement normal ou anormal. L'analyse de risque dictera les mesures de protection nécessaires pour éviter une rupture et un échappement de rayonnement.

Dans le cas d'utilisation d'enveloppes, une source d'inflammation est autorisée à l'intérieur sans pour cela provoquer l'inflammation de l'atmosphère à l'extérieur, à condition qu'elles soient conformes aux exigences des modes de protection normalisés concernés (série CEI 60079).

- beams with complex time waveforms so 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.

The test shall be done with 10 samples of the light source as specified in Clause 6. The test is passed if there is no ignition during the 10 tests.

5.2.5 Optical devices incorporating the inherently safe concept

Optical devices incorporating the inherently safe concept shall provide over-power/energy fault protection to prevent excessive beam strengths in potentially explosive atmospheres. The risk/hazard analysis shall determine when these additional devices are required. The failure modes of the optical source, the supply barrier, and the presence of an explosive atmosphere shall be considered during normal operation and during fault conditions to determine the requirement for additional protection.

Optical sources such as laser diodes or light-emitting diodes will fail if over-heated under over-power fault conditions. The thermal failure characteristic of certain optical sources may provide the necessary over-power fault protection (test of 10 samples).

Electrical circuits such as current and/or voltage limiters placed between the optical source and the electrical power source can provide over-power fault protection similar to intrinsically safe circuits.

Over-power fault protection shall be provided to the degree necessary for the intended EPL (see for example IEC 60079-11). For Ga equipment, for example, current and/or voltage limiters shall provide over-power fault protection after two countable faults are applied to the current and/or voltage limiter. For Gb equipment, the two-fault requirement can be reduced to one failure. For Gc equipment, the rated values shall be taken without assuming any fault. The thermal failure characteristic of certain low power optical sources such as light-emitting diodes is acceptable to provide adequate over-power protection for any EPL.

5.3 Requirements for protected optical radiation “op pr”

5.3.1 General

This concept requires radiation 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.

The risk analysis provides the safety requirements based on postulated conditions (fault conditions or normal operation).

Optical fibre may be used for situations where there are no postulated conditions so that an external force may cause a break of the protective barrier. Additional protective means (e.g. robust cabling, conduit or raceway) shall be used when external forces may cause a break during normal or abnormal operations. The risk analysis will dictate the protective measures required to prevent a break and escape of radiation.

Where enclosures are used, they may allow an ignition source inside without igniting the atmosphere outside, provided they meet the requirements of the standard types of protection concerned (IEC 60079 series).

5.3.2 Rayonnement à l'intérieur de la fibre, etc. (aucun dommage mécanique à prévoir)

La fibre optique protège l'échappement de rayonnement optique dans l'atmosphère en conditions normales de fonctionnement. Pour des dysfonctionnements prévisibles, il peut s'agir d'armures supplémentaires, de conduits, de chemins de câble.

5.3.3 Rayonnement à l'intérieur des enveloppes

Un rayonnement capable d'une inflammation dans une enveloppe est acceptable si l'enveloppe répond aux modes de protection reconnus pour le matériel électrique lors de la présence éventuelle d'une source d'inflammation à l'intérieur (enveloppe antidéflagrante «d», enveloppe pressurisée «p», enveloppe à respiration réduite...) d'après la série CEI 60079. On doit cependant prendre en considération que tout rayonnement s'échappant de l'enveloppe implique une protection conformément à la présente norme.

5.4 Asservissement de rayonnement optique avec rupture de fibre optique «op sh»

Ce concept de protection est applicable lorsque le rayonnement n'est pas de sécurité intrinsèque avec coupure asservie si la protection par le confinement n'est pas satisfaisante et que le rayonnement devient non confiné sur une échelle de temps adaptée plus courte que la durée de l'inflammation.

La coupure asservie fait partie des exigences définies par l'analyse de risque. Les méthodes données dans les normes appropriées (par exemple CEI 61508, CEI 61511) peuvent être utilisées pour analyser la performance des matériels pour obtenir un facteur de disponibilité ou de réduction du risque, suivant le niveau de protection du matériel, tel que montré dans le Tableau 3.

**Tableau 3 – Disponibilité d'asservissement optique
ou facteur de réduction du risque par EPL**

EPL	Disponibilité de sécurité	Facteur de réduction du risque
Ga	de 0,999 à 0,9999	de 1 000 à 10 000
Gb	de 0,99 à 0,999	de 100 à 1 000
Gc	de 0,9 à 0,99	de 10 à 100

NOTE Les valeurs listées dans le Tableau 3 sont dérivées des recommandations du rapport SAFEC (Wilday 2000).

Lorsqu'il peut être démontré par l'évaluation du risque d'inflammation (voir Annexe C), que les conditions d'inflammation ne sont pas atteintes aisément après rupture de la fibre, des temps d'arrêt pour des raisons de protection visuelle peuvent être mis en place (voir CEI 60825-2:2000). Ce sera typiquement le cas pour les matériels Gc, mais cela s'applique aussi aux matériels Gb.

5.5 Adaptation des modes de protection

Lorsque l'évaluation du risque d'inflammation donnée à l'Annexe C montre que des inflammations dues à un rayonnement optique sont à prévoir, les principes suivants d'utilisation des concepts de protection peuvent être appliqués.

5.3.2 Radiation inside fibre, etc. (no mechanical damage to be expected)

The optical fibre protects the release of optical radiation into the atmosphere during normal operating conditions. For foreseeable malfunctions, this can be provided by additional armouring, conduit, cable tray, or raceway.

5.3.3 Radiation inside enclosures

Incendive radiation inside enclosures is acceptable if the enclosure complies with recognised types of protection for electrical apparatus where an ignition source may be present inside (flameproof "d" enclosure, pressurised "p" enclosure, restricted breathing enclosure...) according to IEC 60079 series. It shall, however, be considered, that any radiation escaping from the enclosure has to be protected according to this standard.

5.4 Optical radiation interlock with optical fibre breakage "op sh"

This type of protection is applicable when the radiation is not inherently safe with interlock cut-off if the protection by the confinement fails and the radiation becomes unconfined on time scales suitably shorter than the ignition delay time.

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 to have an availability or risk reduction factor, depending on the equipment protection level, as shown in Table 3.

Table 3 – Optical interlock availability or ignition risk reduction factor by EPL

EPL	Safety availability	Ignition risk reduction factor
Ga	0,999 to 0,9999	1 000 to 10 000
Gb	0,99 to 0,999	100 to 1 000
Gc	0,9 to 0,99	10 to 100

NOTE The values listed in Table 3 were derived from recommendations of the SAFEC report (Wilday 2000).

Where it can be demonstrated by the ignition hazard assessment (see Annex C), that the conditions for ignition are not attained readily after breakage of the fibre, shut down times used for eye protection purposes may be used (see IEC 60825-2:2000). This will typically be the case for Gc equipment, but may also apply for Gb equipment.

5.5 Suitability of types of protection

Where the ignition hazard assessment given in Annex C shows that ignitions due to optical radiation are to be expected, the following principles of using the types of protection can be applied.

Tableau 4 – Application des modes de protection pour les systèmes optiques basés sur des EPLs

Mode(s) de protection	Ga	Gb	Gc
Rayonnement optique à sécurité intrinsèque, mode de protection «op is» (voir 5.2)			
Sûr avec deux défauts	Oui	Oui	Oui
Sûr avec un défaut	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
Sans protection mécanique supplémentaire	Non	Non	Oui
Fibre optique protégée, ayant un faisceau capable d'inflammation et rupture de fibre «op sh» (voir 5.4)			
Avec protection mécanique supplémentaire	Oui	Oui	Oui
Sans protection mécanique supplémentaire	Non	Oui	Oui
Aucun (non confiné, faisceau susceptible d'inflammation)	Non	Non	Non

6 Vérification et essais de mode

6.1 Montage d'essai pour essais d'inflammation

6.1.1 Récipient d'essai

Diamètre > 150 mm, hauteur au-dessus de la source d'inflammation >200 mm.

6.1.2 Mesures d'énergie et de puissance

L'incertitude totale concernant les mesures d'énergie et de puissance doit rester inférieure à 5 % relatif, y compris les variations de source de lumière.

6.1.3 Critère d'inflammation

Augmentation de la température de 100 K, mesurée par un thermocouple de 0,5 mm, 100 mm au-dessus du point chaud, ou apparition d'une flamme.

6.1.4 Température du mélange

40 °C ou la température maximale d'une application spécifique.

6.1.5 Pression du mélange

Pression ambiante suivant la CEI 60079-0.

6.1.6 Facteur de sécurité

Un facteur de sécurité de 1,5 pour les rayonnements cw (onde continue) et de 3 pour les rayonnements impulsionnels doit être appliqué à tous les résultats (comme résultats de non-inflammation) obtenus d'après les essais de 6.3 ou 6.4 avant d'utiliser ces données comme données de sécurité intrinsèque.

Lorsqu'aucune inflammation ne peut être obtenue pendant l'essai (par exemple parce que la puissance ou l'énergie ne peuvent augmenter plus pendant l'essai), ce facteur doit également être appliqué à la donnée la plus élevée de la force du faisceau non incendiaire obtenue.

Table 4 – Application of types of protection for optic systems based on EPLs

Type(s) of protection	Ga	Gb	Gc
Inherently safe optical radiation "op is" (see 5.2)			
Safe with two faults	Yes	Yes	Yes
Safe with one fault	No	Yes	Yes
safe in normal operation	No	No	Yes
Protected fibre optic media with ignition capable beam "op pr" (see 5.3)			
With additional mechanical protection	No	Yes	Yes
Without additional mechanical protection	No	No	Yes
Protected fibre optic media with ignition capable beam interlocked with fibre breakage "op sh" (see 5.4)			
With additional mechanical protection	Yes	Yes	Yes
Without additional mechanical protection	No	Yes	Yes
None (unconfined, ignition capable beam)	No	No	No

6 Type verifications and tests

6.1 Test set-up for ignition tests

6.1.1 Test vessel

Diameter >150 mm, height above ignition source >200 mm.

6.1.2 Energy and power measurements

Total uncertainty of energy and power measurement shall be less than 5 % relative, including variations of light source.

6.1.3 Ignition criterion

A temperature increase of at least 100 K, measured by a 0,5 mm diameter thermocouple bead, 100 mm above the hot spot, or the appearance of a flame.

6.1.4 Mixture temperature

40 °C or the maximum temperature of the specific application.

6.1.5 Mixture pressure

Ambient pressure according to IEC 60079-0.

6.1.6 Safety factor

A safety factor of 1,5 for cw radiation and 3 for pulsed radiation shall be applied to all results (as non-ignition results) obtained by the tests according to 6.3 or 6.4 before using these data as inherently safe data.

Where no ignition can be obtained during test (e.g. because the power or energy cannot be increased further more in the test), this factor shall also be applied to the highest non incensive beam strength data obtained.

Une autre possibilité pour obtenir une donnée sûre de la force du faisceau (comprenant un facteur de sécurité) est d'utiliser un gaz d'essai plus sensible à l'inflammation. Pour les matériels à utiliser en atmosphères IIA/T3, ce gaz d'essai peut être de l'éthylène jusqu'à une section du faisceau d'environ 2 mm².

NOTE L'inflammation d'une petite surface chaude étant un processus comportant d'importants écarts statistiques, un facteur de sécurité est justifié. Pour la même raison, une attention particulière est à apporter lors du jugement des expériences d'inflammabilité car de petites variations dans les paramètres d'essai peuvent influencer les résultats de façon remarquable.

6.2 Essai de référence

6.2.1 Gaz de référence

Mélange de propane dans l'air à 5 % ou 4 % par volume, voir Tableau A.1 (pour les essais d'inflammation avec un rayonnement d'onde continue et des impulsions supérieures à 1 s) respectivement 4 % par volume (pour le rayonnement à impulsion, impulsions uniques de moins d'1 ms), mélange au repos.

6.2.2 Absorbeur de référence

L'absorption pour la longueur d'onde en investigation, supérieure à 80 %, doit être appliquée à l'extrémité de la fibre de transmission (fibres optiques), ou déposée sur un substrat inerte (transmission d'un faisceau libre).

NOTE Les expériences montrent que pour des impulsions de l'ordre de la microseconde ou de la nanoseconde, un absorbeur de noir de carbone donne les plus basses énergies d'impulsion d'inflammation (absorption 99 %, combustible, température de décomposition haute) [17,20,22].

6.2.3 Essais de référence pour rayonnement d'onde continue et impulsions supérieures à 1 s

L'absorbeur de référence exposé doit être physiquement et chimiquement inerte pour la durée de l'essai. Il est nécessaire que l'absorbeur ait une absorption très élevée pour agir presque comme un corps noir. Il convient de tester le montage avec le gaz de référence et l'absorbeur à 40 °C. Pour les essais sur les fibres optiques, il convient que l'absorbeur soit appliqué à l'extrémité de la fibre en très fine couche (~ 10 µm) (comme une poudre en suspension et séché ensuite). Les valeurs de référence sont données à l'Annexe A (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, il convient que le plus petit diamètre du faisceau frappe une couche du plan du matériau cible appliqué à un substrat ou comprimé. 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 Essais de référence pour le rayonnement à impulsion de moins d'1 ms

Il convient que l'absorbeur de référence exposé le soit depuis la face libre (exposition du faisceau libre) pendant tous les essais d'impulsion. Pour les essais de transmission du faisceau libre, il convient que le plus petit diamètre du faisceau frappe une couche du plan du matériau cible appliqué soit à un substrat ou comprimé pour former une pastille. La valeur de référence pour un diamètre de faisceau de 90 µm est 499 µJ d'énergie d'impulsion pour des impulsions de 90 ns et 600 µJ pour des impulsions de 30 ns. Il convient de tester le montage avec le gaz de référence et l'absorbeur à 40 °C. 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 littérature [20].

Another possibility to obtain safe beam strength data (including a safety factor) is to use a test gas that is more sensitive to ignition. For cw-equipment to be used in IIA/T3 atmospheres, this test gas can be ethene up to a size of the beam area of about 2 mm².

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

6.2 Reference test

6.2.1 Reference gas

Propane-air-mixture of 5 % or 4 % by volume, see Table A.1 (for ignition tests with continuous wave radiation and pulses above 1 s duration) respectively 4 % by volume (for pulsed radiation, single pulses below 1 ms duration), quiescent mixture.

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 showed that for pulses in the micro and nanosecond range, a carbon black absorber gives lowest igniting pulse energies (absorption 99 %, combustible, high decomposition temperature) [17,20,22].

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

The irradiated reference absorber has to be physically and chemically inert for the duration of the test. The absorber is needed to have very high absorption to nearly act as a black body. The set-up should be tested with the reference gas and absorber at 40 °C. For the testing of fibre optics, the absorber should be applied to the fibre tip in a very thin layer (~ 10 µm) (as a powder in suspension and dried afterwards). The reference values are given in Annex A (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 has to be undamaged at the end of the test.

For the testing of free beam transmission the smallest diameter of the beam should hit a plane layer of the target material applied to a substrate or compressed. 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 has to 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 should 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 should hit a plane layer of the target material applied either to a substrate or is compressed to form 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 should be tested with the reference gas and absorber at 40 °C. 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 literature [20].

6.3 Mélanges d'essai

6.3.1 Essais d'inflammation avec rayonnement d'onde continue et impulsions supérieures à 1 s

6.3.1.1 Pour atmosphères T6/IIC

CS₂ dans l'air, 1,5 % par volume, et éther diéthylique, 12 % par volume.

Si uniquement de l'éther diéthylique est utilisé, les puissances ou expositions d'inflammation minimales obtenues devront être divisées par un facteur de 4 pour une utilisation ultérieure.

6.3.1.2 Pour atmosphères T4/IIA, T4/IIB et T4/IIC

Ether diéthylique, 12 % par volume.

6.3.1.3 Pour atmosphères T3/IIA et I

Propane dans l'air, 5 % de volume.

6.3.1.4 Pour applications spéciales

Atmosphère à l'étude.

6.3.2 Essais d'inflammation avec impulsions uniques en dessous d'1 ms

6.3.2.1 Pour atmosphères IIC

H₂ dans de l'air, 12 % et 21 % par volume ou CS₂ dans de l'air, 6,5 % par volume.

6.3.2.2 Pour atmosphères IIB

Ethylène dans l'air, 5,5 % par volume.

6.3.2.3 Pour atmosphères I et IIA

Ether diéthylique, 3,4 % par volume ou propane dans de l'air, 4 % par volume; diviser les énergies d'inflammation minimales obtenues avec le propane par 1,2 pour une utilisation ultérieure.

6.3.2.4 Pour applications spéciales

Atmosphère à l'étude.

6.4 Essais pour trains d'impulsion et impulsions entre 1 ms et 1 s

Appliquer la configuration d'essai suivant 6.3.1 et ensuite la configuration d'essai suivant 6.3.2, absorbeurs et mélanges tels que spécifiés de 6.1 à 6.3.

7 Marquage

7.1 Généralités

Le matériel utilisant le rayonnement optique doit avoir un marquage supplémentaire comme suit.

6.3 Test mixtures

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

6.3.1.1 For T6/IIC atmospheres

CS₂ 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 have to be divided by a factor of 4 for further use.

6.3.1.2 For T4/IIA, T4/IIB and T4/IIC atmospheres

Diethyl ether, 12 % by volume.

6.3.1.3 For T3/IIA and I atmospheres

Propane in air, 5 % by volume.

6.3.1.4 For special applications

The atmosphere under consideration.

6.3.2 Ignition tests with single pulses below 1 ms duration

6.3.2.1 For IIC atmospheres

H₂ in air, 12 % and 21 % by volume or CS₂ in air, 6,5 % by volume.

6.3.2.2 For IIB atmospheres

Ethene in air, 5,5 % by volume.

6.3.2.3 For I and IIA atmospheres

Diethyl ether, 3,4 % by volume or propane in air, 4 % by volume; divide minimum ignition energies obtained with propane by 1.2 for further use.

6.3.2.4 For special applications

The atmosphere under consideration.

6.4 Tests for pulse trains and pulses between 1 ms and 1 s duration

Apply test configuration according to 6.3.1 and then test configuration according to 6.3.2, absorbers and mixtures as specified in 6.1 to 6.3.

7 Marking

7.1 General

The apparatus using optical radiation shall be additionally marked with the following.

7.2 Information de marquage

Le marquage doit comprendre

- a) le symbole relatif au mode de protection utilisé:
 - «op is»: pour rayonnement optique à sécurité intrinsèque,
 - «op pr»: pour rayonnement optique protégé,
 - «op sh»: pour système optique asservi;
- b) le symbole du groupe de matériel:
 - pour le mode de protection de rayonnement optique à sécurité intrinsèque «op is», les suffixes A, B ou C doivent être utilisés;
 - pour le matériel non adapté à une installation en zone dangereuse, mais avec un rayonnement optique, le marquage pour le matériel associé doit s'appliquer. Si le Tableau 2 nécessite une réduction de classe de température, celle-ci doit être indiquée suivant le mode de protection. Exemple: [Ex op est T4 Gb] IIC;
- c) le niveau de protection de matériel Ga, Gb ou Gc, tel que déterminé par le Tableau 4;
- d) un numéro de série, sauf pour:
 - les accessoires de connexion, les câbles à fibre optique, etc.,
 - les très petits matériels sur lesquels la place pour le marquage est limitée.

7.3 Exemples de marquage

- Matériel qui est conforme à l'EPL Ga
Ex op est IIC T6 Ga
- Matériel qui est conforme à l' EPL Gb:
Ex op pr II T4 Gb
- Matériel, installé en dehors de la zone dangereuse et émettant un rayonnement optique vers la zone dangereuse, valeurs limites prises du Tableau 2:
[Ex op is T3 Ga] IIA

Le certificat doit identifier l'EPL correspondant du matériel (il peut y avoir plus d'un EPL pour les différentes parties du matériel).

7.2 Marking information

The marking shall include

- 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 group of the apparatus:
 - For the type of protection inherently safe optical radiation “op is”, the suffixes A, B or C shall be used;
 - For apparatus not suitable for installation in a hazardous area, but providing optical radiation, the marking for associated apparatus 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 T4 Gb] IIC;
- c) equipment protection level Ga, Gb or Gc as determined by Table 4,
- d) a serial number, except for:
 - connection accessories; optical fibre cables, etc.,
 - very small apparatus on which there is limited space.

7.3 Examples of marking

- Apparatus which is complying with EPL Ga:
Ex op is IIC T6 Ga
- Apparatus which is complying with EPL Gb:
Ex op pr II T4 Gb
- Apparatus, which is installed outside the hazardous area and providing optical radiation to the hazardous area, limit values taken from Table 2:
[Ex op is T3 Ga] IIA

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

Annexe A (normative)

Données d'essai de référence

**Tableau A.1 – Valeurs de référence pour essais d'inflammation
avec un mélange de propane dans l'air à une température de 40 °C**

Diamètre du cœur de la fibre μm	Puissance d'inflammation minimale à 1 064 nm (absorption: 83 %, 5 % propane par volume) mW	Puissance d'inflammation minimale à 805 nm (absorption: 93 %, 4 % propane par volume) mW
62,5 (gainage 125 μm)	250	
400	842	690
600		1 200
1 500		3 600
NOTE L'absorbeur était fixé à l'extrémité d'une fibre optique et exposé en continu.		

NOTE D'autres données d'essai de référence (par exemple pour diamètre de cœur 8 μm, longueur d'onde 1 550 nm) ne sont pas disponibles.

Annex A (normative)

Reference test data

**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 The absorber was attached to the end of an optical fibre and irradiated continuously.		

NOTE Other reference test data (e.g. for 8µm core diameter, 1 550 nm wavelength) are currently not available.

Annexe B (informative)

Mécanismes d'inflammation ³

Le risque potentiel associé à l'optique dans le spectre électromagnétique infrarouge et visible dépend de

- la longueur d'onde du laser (propriétés d'absorption),
- la matière de l'absorbeur (inerte, réactive),
- des combustibles,
- de la pression,
- de la zone exposée,
- du temps d'exposition.

Il y a un nombre très important de combinaisons de ces facteurs qui influenceront le risque optique en atmosphère explosive et au moins le mécanisme d'inflammation. Les pires conditions surviennent en présence d'un absorbeur. Lorsque les dimensions du rayonnement et ou de l'absorbeur tombent en dessous de la distance de refroidissement du gaz explosif, l'inflammation peut être vue comme une inflammation ponctuelle. Cependant, le rayonnement de l'extrémité d'un câble à fibre optique diverge rapidement et la zone exposée est susceptible d'atteindre des dimensions en centimètres carrés. Les conditions pour l'inflammation peuvent être caractérisées en termes des paramètres fondamentaux énergie, zone et temps.

	La zone tend vers	Le temps tend vers	Critère d'inflammation
(1)	zéro	infini	puissance minimale
(2)	infini	infini	éclairement minimal
(3)	zéro	zéro	énergie minimale
(4)	infini	zéro	exposition énergétique

«Temps infini» signifie «rayonnement d'une onde continu». Les résultats de la recherche pour les grandes et petites zones sont donnés dans le Tableau B.1, la Figure B.1 et la Figure B.2. Sous les deux régimes, l'inflammation se produit par l'inflammation de la surface chaude lorsque le faisceau frappe l'absorbeur. Plus la surface est petite, plus l'exposition capable d'inflammation est importante. Cela signifie qu'une plus petite surface doit être chauffée à des températures plus élevées pour provoquer une inflammation. Aucune inflammation n'a été observée en dessous d'une puissance optique de 50 mW pour un mélange gaz/vapeur (sauf pour le sulfure de carbone). Cela permet une valeur de puissance maximale de 35 mW avec une marge de sécurité, qui doit également considérer l'absorption d'un corps gris non idéal de l'absorbeur inerte. Les expériences avec des absorbeurs réactifs (charbon, noir de carbone et un toner) ont montré que malgré un pouvoir d'absorption plus élevé, ils étaient moins efficaces que les sources d'inflammation. Les n-alkylbenzènes ne s'enflamment pas en dessous de 200 mW (150 mW avec marge de sécurité). Pour les zones exposées plus importantes, une valeur autorisée de 5 mW/mm² est beaucoup plus réaliste qu'un critère de puissance restrictive.

³ Les informations contenues dans cette annexe proviennent de la référence [17] de la Bibliographie.

Annex B (informative)

Ignition mechanisms ³

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 is 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 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 mixture (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.

³ The information provided in this annex is taken from reference [17] of Bibliography.

Dans un régime court et sur une petite surface, une impulsion laser peut provoquer une source d'inflammation similaire à une étincelle électrique par un claquage dans l'air. Il est reconnu dans la littérature [26] qu'une telle étincelle avec une énergie approchant l'énergie électrique d'inflammation minimale (MIE) est capable d'enflammer un mélange explosif dans des conditions optimisées (impulsions (μ s et ns).

L'efficacité du processus d'inflammation dépend de

- la longueur de l'impulsion et du taux de répétition,
- la longueur d'onde,
- le matériau cible (absorbeur),
- l'exposition et l'éclairement.

Des impulsions en microsecondes et des impulsions en nanosecondes avec des énergies proches de la MIE ont montré qu'elles pouvaient enflammer des mélanges explosifs comme montré dans le Tableau B.2. Dans ce cas, le noir de carbone cible combustible est l'absorbeur le plus efficace. Les propriétés du noir de carbone renforcent ce claquage en comparaison du matériau inerte choisi dans les expériences d'onde continue (absorption très élevée, température de décomposition haute, structure riche en électrons et combustibilité). Pour les impulsions dans la gamme des millisecondes sans processus de claquage mais avec un échauffement de la cible, les énergies d'inflammation sont plus élevées que la MIE électrique de plus d'un ordre de grandeur. Dans ce cas, le corps gris inerte est l'absorbeur idéal. Il convient de traiter les impulsions plus longues qu'1 s comme rayonnement d'onde continue.

Pour les trains d'impulsion, le critère d'inflammation pour chaque impulsion individuelle est le critère d'énergie donné ci-dessus quand l'impulsion est de moins d'1 s. Avec des taux de répétition plus élevés, l'impulsion précédente peut avoir une influence sur le comportement de la zone exposée avec l'impulsion active. Pour les taux de répétition plus élevés que 100 Hz, il convient que la puissance moyenne soit limitée à une limite d'onde continue. Cette limitation oblige à un taux de répétition maximal pour une énergie d'impulsion définie. Plus l'impulsion est courte, plus la puissance de crête autorisée est élevée mais plus long est le cycle de travail. Cela donne du temps au refroidissement de la cible ou pour l'affaiblissement de l'étincelle ou du dégagement de gaz chaud. Les expériences montrent [20] que pour les impulsions en nanosecondes dans la gamme de MIE (jusqu'à 400 μ J), on ne doit pas s'attendre à une durée de vie d'étincelle de plus de 100 μ s pour un diamètre de faisceau de 90 μ m. Pour une longue durée d'impulsion >1 s, il convient que la puissance de crête soit restreinte à la limite onde continue correspondante.

La combinaison restante de paramètres fondamentaux, c'est-à-dire les temps courts sur des zones infinies, peut être évaluée par les résultats des autres régimes.

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 [26] 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,
- 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 shorter 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 [20] 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.

Tableau B.1 – AIT (température d'auto inflammation), MESG (intervalle de sécurité expérimental maximal) et puissances d'inflammation mesurées des combustibles choisis pour absorbeurs inerts comme matériau cible ($\alpha_{1064\text{ nm}}=83\%$, $\alpha_{805\text{ nm}}=93$)

Groupe suivant la CEI 60079-0	Combustible Entre parenthèses: température du mélange augmentée	AIT °C	MESG mm	Conc. comb. ^a à la puissance min. d'inflammation PTB* (1064 nm) % vol.	Puissance d'inflammation min. Fibre 62,5 µm PTB (1064 nm) mW	Puissance d'inflammation min. Fibre 400 µm PTB (1064 nm) mW	Conc. comb. à la puissance min. d'inflammation HSL* (803 nm) % vol.	Puissance d'inflammation min. Fibre 400 µm HSL (803 nm) mW	Puissance d'inflammation min. Fibre 600 µm HSL (803 nm) mW	Puissance d'inflammation min. Fibre 1500 µm HSL (803 nm) mW
IIA	Méthane	595	1,14	5,0	304	1 125	6,0	960	1 650	5 000
	Acétone	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	1 100	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
	Essence sans plomb	300 (350)	>0,9	-	-	-	4,3	720	-	3 650
	N-heptane (110 °C)	220	0,91	3,0	-	502	-	-	-	-
	Méthane/hydrogène	595	0,90	6,0	259	848	-	-	-	-
IIB	Ether diéthylique/ n-heptane (110 °C)	200	0,90	4,0	-	658	-	-	-	-
	Tetrahydrofurane	230	0,87	6,0	267	-	-	-	-	-
	Ether diéthylique	175	0,87	12,0	89	127	23,0	110	180	380
	Propanal (110 °C)	190	0,84	2,0	-	617	-	-	-	-
	Oxyde de méthyle	240	0,84	8	280	-	-	-	-	-
	Ethylène	425	0,65	7,0	202	494	7,5	530	-	2 007
	Méthane/hydrogène	565	0,50	7,0	163	401	-	-	-	-
IIC	Sulfure de carbone	95	0,37	1,5	50/24**	149	-	-	-	-
	Acétylène	305	0,37	25,0	110	167	-	-	-	-
	Hydrogène	560	0,29	10,0	140	331	8,0	340	500	1 620

NOTE AIT et MESG ont été pris de la référence [25] de la Bibliographie.

^a Conc. Comb: Concentration de combustible

* HSL = Health and Safety Laboratory of the Health and Safety Executive (UK)

PTB = Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Germany)

** 24 mW a été obtenu pour une cible combustible (charbon)

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 ($\alpha_{1064\text{ nm}}=83\%$, $\alpha_{805\text{ nm}}=93$)

Group according to IEC 60079-0	Combustible In brackets: increased mixture temperature	AIT °C	MESG mm	Conc. comb. ^a at min. ignition power PTB* (1064 nm) % vol.	Min. ignition power 62,5 µm fibre PTB (1064 nm) mW	Min. ignition power 400 µm fibre PTB (1064 nm) mW	Conc. comb. at min. ignition power HSL* (803 nm) % vol.	Min. ignition power 400 µm fibre HSL (803 nm) mW	Min. ignition power 600 µm fibre HSL (803 nm) mW	Min. ignition power 1500 µm fibre HSL (803 nm) mW
IIA	Methane	595	1,14	5,0	304	1125	6,0	960	1 650	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	1 100	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	-	-	-	-
IIB	Diethyl ether/ n-heptane (110 °C)	200	0,90	4,0	-	658	-	-	-	-
	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	-	-	-	-
IIC	Carbon disulphide	95	0,37	1,5	50/24**	149	-	-	-	-
	Ethyne	305	0,37	25,0	110	167	-	-	-	-
	Hydrogen	560	0,29	10,0	140	331	8,0	340	500	1 620

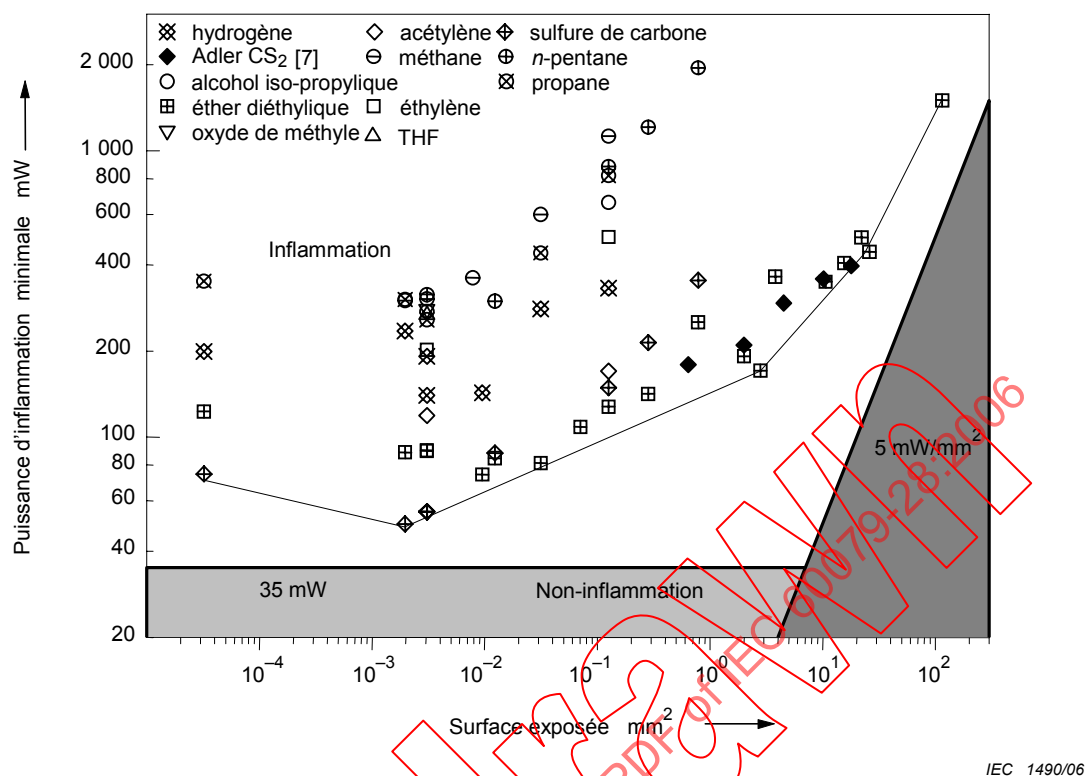
NOTE AIT and MESG were taken from reference [25] of Bibliography.

^a Conc comb: Concentration of combustible

* HSL = Health and Safety Laboratory of the Health and Safety Executive (UK)

PTB = Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Germany)

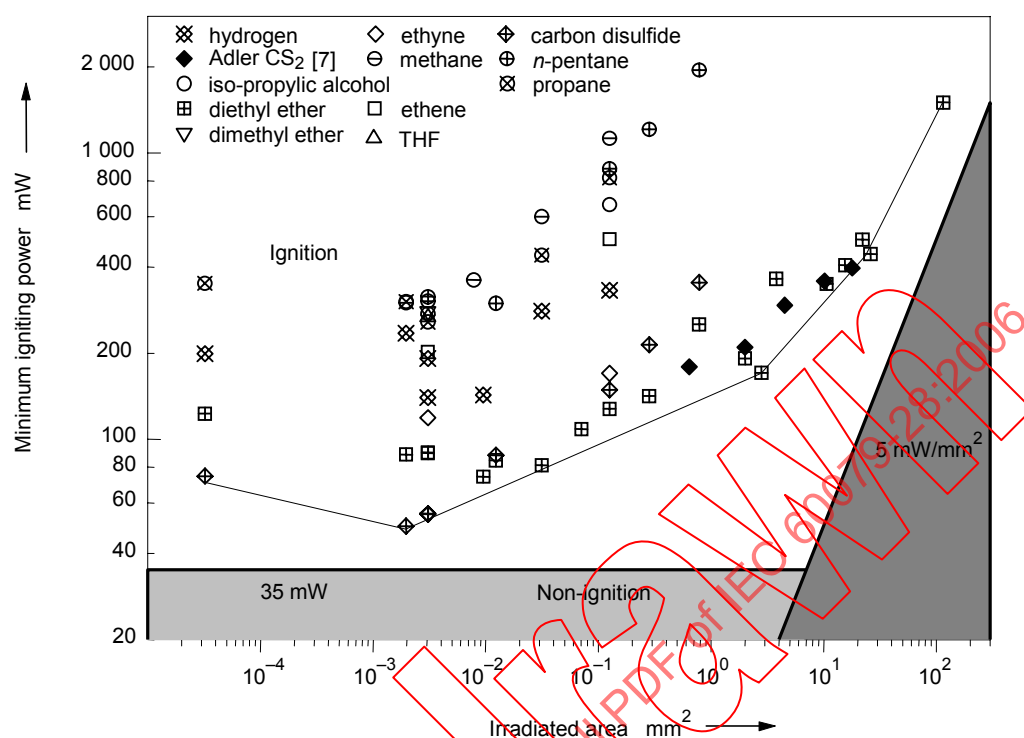
** 24 mW was obtained for a combustible target (coal)



NOTE 1 Données prises de [17][23].

NOTE 2 Les valeurs données sont pour chaque combustible dans son mélange le plus inflammable.

Figure B.1 – Puissance d'inflammation rayonnante minimale avec cible d'absorbeur inerte ($\alpha_{1\,064\,nm}=83\%$, $\alpha_{805\,nm}=93\%$) et rayonnement d'onde continue de 1 064 nm

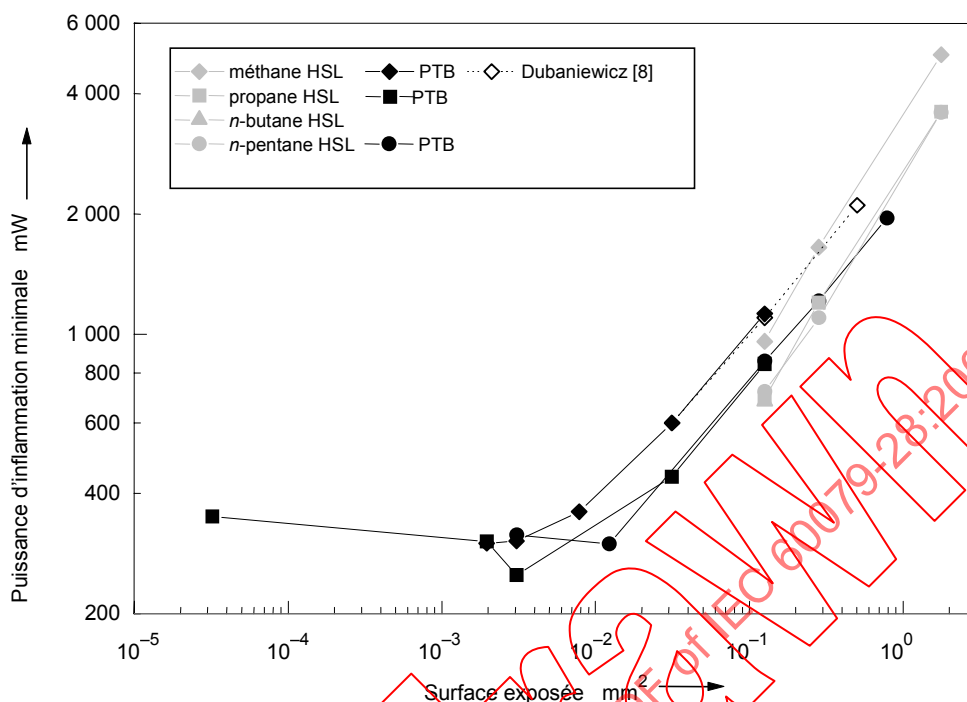


IEC 1490/06

NOTE 1 Data taken from [17][23].

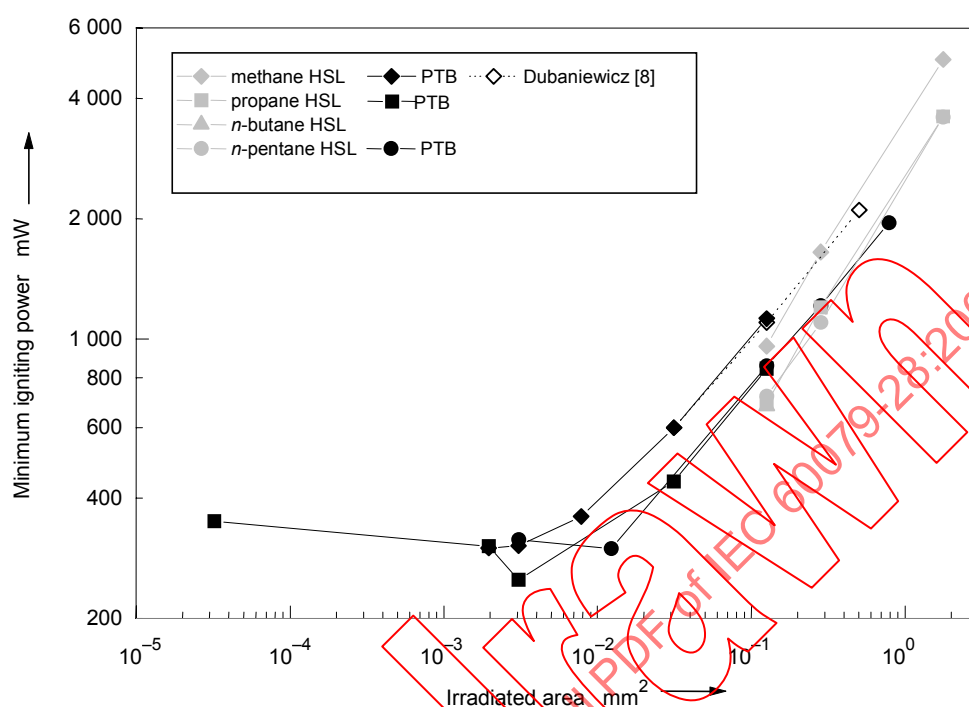
NOTE 2 The given values are for each combustible in its most easily ignitable mixture.

Figure B.1 – Minimum radiant igniting power with inert absorber target ($\alpha_{1\,064\,nm}=83\%$, $\alpha_{805\,nm}=93\%$) and continuous wave-radiation of 1 064 nm



IEC 1491/06

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 continue (PTB: 1 064 nm, HSL: 805 nm, [24]: 803 nm) pour certains n-alkylbenzènes



IEC 1491/06

Figure B.2 – Minimum radiant igniting power with inert absorber target ($\alpha_{1\,064\text{ nm}}=83\%$, $\alpha_{805\text{ nm}}=93\%$) and continuous wave-radiation (PTB: 1 064 nm, HSL: 805 nm, [24]: 803 nm) for some n-alkanes

à des concentrations en pourcentage par volume (ϕ)

[illegible]

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 [25] at concentrations in percent by volume (ϕ)

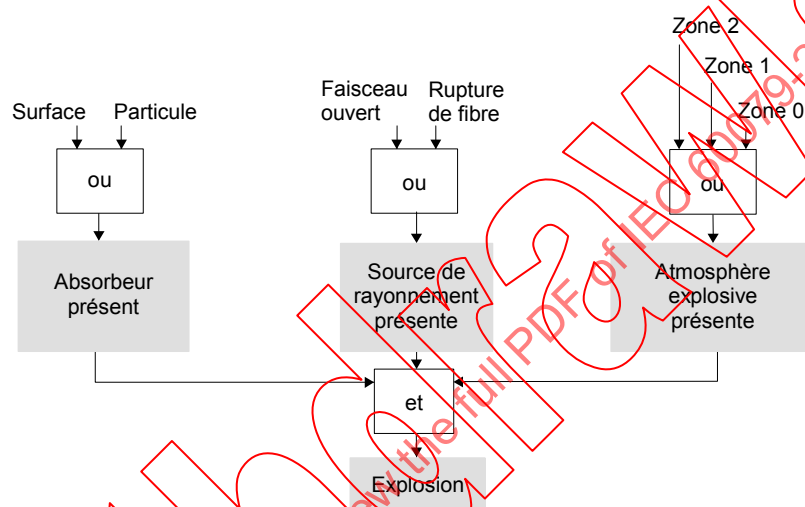
Fuel	$Q_{e,p}^{i,min}$ μJ	φ %	AIT °C	MIE μJ	φ^{MIE} %	$Q_{e,p}^{i,min} / MIE$
70 μs spiked pulse						
N-Pentane	669	3	260	280	3,3	2,4
	>55 000	6,4				
Propane	784	5,5	470	240	5,2	3,3
Diethyl ether	661	3,4	175	190	5,2	3,5
	1 285	5,2				6,8
Ethene	218	5,5	425	82	6,5	2,7
Hydrogen	88	21	560	17	28	5,2
Carbon 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.

Annexe C (normative)

Evaluation du risque d'inflammation

Une atmosphère d'air explosive peut être enflammée par un rayonnement optique à condition que la force du faisceau dépasse un niveau de sécurité intrinsèque et qu'un absorbant existe dans le faisceau pouvant provoquer un point chaud et une source d'inflammation ou bien s'il existe des conditions de craquage (seuil d'exposition dépassé). Voir Figure C.1.



IEC 1492/06

Figure C.1 – Evaluation du risque d'inflammation

Si ces conditions s'appliquent, on doit utiliser les concepts de protection b) et c) donnés en 5.1.

Un risque d'inflammation ne peut pas être présent là où ces conditions ne s'appliquent pas. Une autre évaluation prenant en considération toutes les conditions nécessaires à l'inflammation

- pour les cas ou matériels spécifiques,
- et considérant les exigences pour les différentes zones ou EPLs d'après 4.2

doit être réalisée ainsi que les mesures nécessaires qui en découlent.

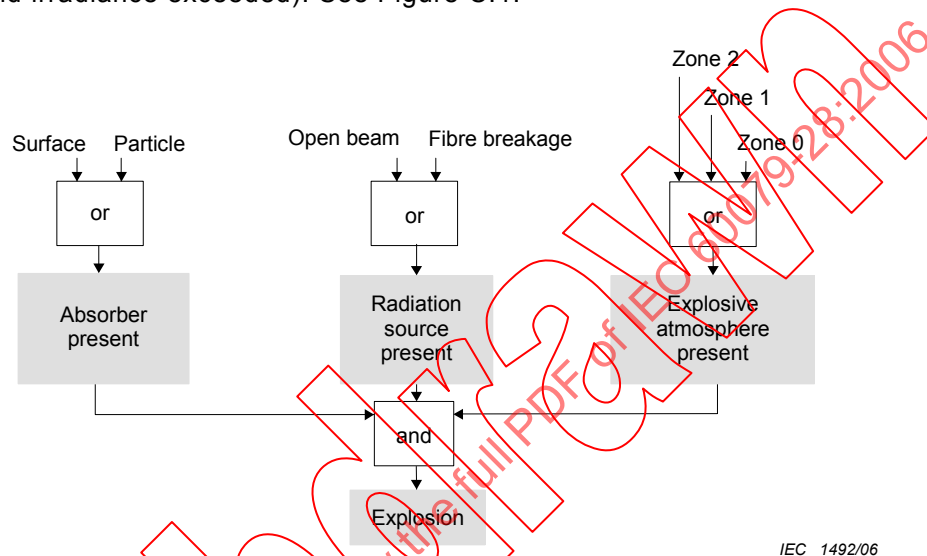
NOTE 1 Bien qu'elles ne soient pas couvertes par cette norme, il faut que toutes les possibilités d'inflammation d'un mélange explosif par rayonnement optique (voir introduction et cette Annexe C) soient vérifiées avant d'exclure cette source d'inflammation.

Il est important de comprendre que même dans le cas de rayonnement ouvert, le dépassement du niveau de sécurité intrinsèque ne mène pas facilement à l'inflammation, d'autres conditions (différentes de l'inflammation d'une étincelle électrique) étant nécessaires pour initier un processus d'inflammation.

Annex C (normative)

Ignition hazard assessment

An explosive combustible air 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 the conditions for a breakdown apply (threshold irradiance exceeded). See Figure C.1.



IEC 1492/06

Figure C.1 – Ignition hazard assessment

If these conditions apply, the types of protection b) and c) given in 5.1 shall be used.

Where these conditions do not apply, an ignition hazard may not exist. A further assessment considering all conditions necessary for ignition

- for the specific case or equipment,
- and considering the requirements for the different EPLs according to 4.2

shall be performed and measures necessary derived accordingly.

NOTE 1 Although not covered by this standard, all possible ways to ignite an explosive mixture by optical radiation (see Introduction and this Annex C) must be checked before excluding this ignition source.

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

NOTE 2 Comme exemple, un système d'analyse du gaz où, dans le faisceau, il n'y a pas de cible absorbante pouvant être chauffée pour devenir une source d'inflammation, n'est pas susceptible de créer un risque d'inflammation au regard du rayonnement optique. Dans ce cas spécifique, il y aura absorption d'énergie optique dans le mélange lui-même, mais il peut être facilement démontré dans la plupart des cas qu'il n'y a pas d'échauffement du mélange au point de l'enflammer.

Cette évaluation s'applique aussi à l'utilisation des concepts de protection eux-mêmes. Lorsqu'une enveloppe est prévue pour le faisceau qui ne permet pas aux matériaux solides de la pénétrer (bien qu'elle permette à l'atmosphère explosive d'entrer), une source d'inflammation n'est pas possible dans cette enveloppe, à condition qu'il n'y ait pas d'autre cible à l'intérieur.

Si on suppose une rupture de la fibre, où le concept d'asservissement avec la détection de la rupture est utilisé, il est conseillé pour être sûr, d'utiliser les temps d'arrêt autorisés pour la protection des yeux (CEI 60825-2:2000), s'il est improbable que le faisceau frappe une cible avec une intensité pouvant mettre le feu.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-28:2006

NOTE 2 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.

This assessment applies also to the use of the protections 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 ignition source is prevented inside this enclosure, provided there exists no other target inside.

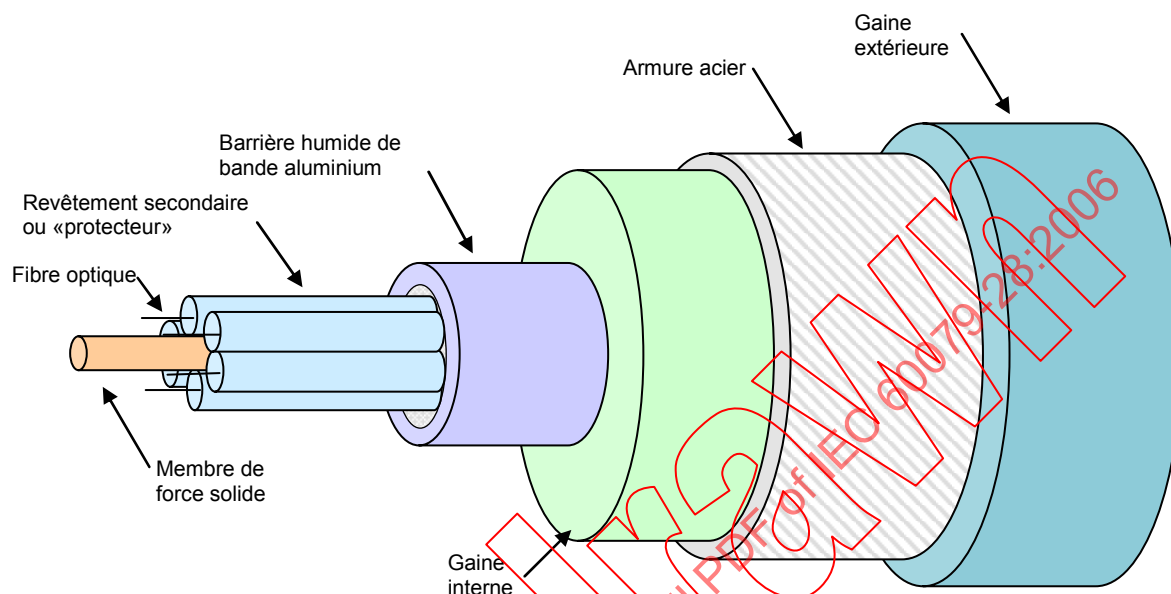
If a fibre breakage is assumed, where the concept of interlock with the breakage detection is used, it may be safe to use the shut down times allowed for eye protection (IEC 60825-2: 2000), if it is improbable that the beam will hit a target with an incandive intensity.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-28:2006

Withdrawn

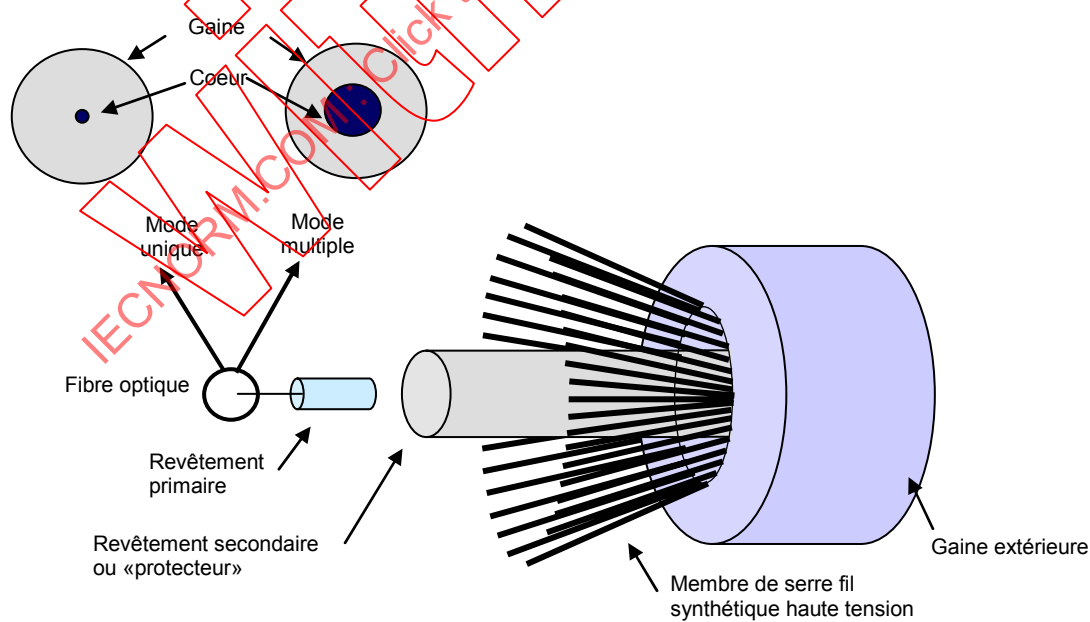
Annexe D (informative)

Concept de câble à fibre optique typique



IEC 1493/06

Figure D.1 – Exemple de concept de câble optique à fibre multiple pour applications à haut rendement



IEC 1494/06

Figure D.2 – Concept de câble à fibre optique unique typique