

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



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

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



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

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

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland  
Email: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

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

### About IEC publications

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

- Catalogue of IEC publications: [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

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

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

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

- Customer Service Centre: [www.iec.ch/webstore/custserv](http://www.iec.ch/webstore/custserv)

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

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

### A propos de la CEI

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

### A propos des publications CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: [www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut-f.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm)

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

- Just Published CEI: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

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

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

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

- Service Clients: [www.iec.ch/webstore/custserv/custserv\\_entry-f.htm](http://www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm)

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

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



®

IEC 60825-2

Edition 3.2 2010-12

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

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

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

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

**CK**

---

ICS 31.260; 33.180.01

ISBN 978-2-88912-246-2

## CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope and object.....	6
2 Normative references.....	7
3 Terms and definitions.....	7
4 Requirements.....	10
4.1 General.....	10
4.2 Protective housing of OFCS .....	11
4.3 Fibre cables .....	11
4.4 Cable connectors .....	11
4.5 Automatic power reduction (APR) and restart pulses.....	12
4.6 Labelling or marking.....	13
4.7 Organizational requirements.....	18
4.8 Assessment of hazard level.....	19
4.9 Hazard level requirements by location type.....	20
Annex A (informative) Rationale.....	21
Annex B (informative) Summary of requirements at locations in OFCS .....	22
Annex C (informative) Methods of hazard/safety analysis .....	23
Annex D (informative) Application notes for the safe use of OFCS.....	24
Annex E (informative) Guidance for service and maintenance .....	48
Annex F (informative) Clarification of the meaning of “hazard level” .....	50
Bibliography.....	52
Figure D.1 – PON (passive optical network)-based system .....	33
Figure D.2 – Simple laser drive circuit .....	35
Figure D.3 – Risk graph example from IEC 61508-5 Clause D.5 .....	39
Figure D.4 – Graph of FIT rate and mean time to repair.....	42
Table 1 – Marking in unrestricted locations .....	14
Table 2 – Marking in Restricted Locations.....	15
Table 3 – Marking in controlled locations .....	16
Table D.1 – OFCS power limits for 11 µm single mode (SM) fibres and 0,18 numerical aperture multimode (MM) fibres (core diameter < 150 µm).....	26
Table D.2 – Relation between the number of fibres in a ribbon fibre and the maximum permitted power (example).....	32
Table D.3 – Identification of components and failure modes (example).....	36
Table D.4 – Beta values (example).....	36

Table D.5 – Determination of failure rates (example).....	37
Table D.6 – Consequence classification from IEC 61508-5 Table D.1 .....	39
Table D.7 – Frequency classification from IEC 61508-5 Table D.1 .....	39
Table D.8 – Possibility of avoiding hazard classification from IEC 61508-5 Table D.1 .....	40
Table D.9 – Classification of the probability of the unwanted occurrence from IEC 61508-5 Table D.1 .....	40
Table D.10 – Modes of operation – Definitions from IEC 61508-4, 3.5.12 .....	41
Table D.11 – SIL Values from 7.6.2.9 of IEC 61508-1.....	41
Table D.12 – Determination of equipment monitoring classification.....	43
Table D.13 – FIT rates from example above .....	43
Table D.14 – Examples of power limits for optical fibre communication systems having automatic power reduction to reduce emissions to a lower hazard level.....	47

# INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

## SAFETY OF LASER PRODUCTS –

### Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)

#### 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 60825-2 has been prepared by IEC technical committee 76: Optical radiation safety and laser equipment

This consolidated version of IEC 60825-2 consists of the third edition (2004) [documents 76/288/FDIS and 76/293/RVD], its amendment 1 (2006) [documents 76/346/FDIS and 76/353/RVD] and its amendment 2 (2010) [documents 76/409/CDV and 76/419/RVC].

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendments and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 3.2.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendments 1 and 2.

The French version of this standard has not been voted upon.

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

IEC 60825 consists of the following parts, under the general title *Safety of laser products*:

- Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide
- Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)
- Part 3: Guidance for laser displays and shows
- Part 4: Laser guards
- Part 5: Manufacturer's checklist for IEC 60825-1
  
- Part 8: Guidelines for the safe use of laser beams on humans
- Part 9: Compilation of maximum permissible exposure to incoherent optical radiation
- Part 10: Application guidelines and explanatory notes to IEC 60825-1
- Part 12: Safety of free space optical communication systems used for transmission of information
  
- Part 13: Measurements for classification of laser products
  
- Part 14: A user's guide

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

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

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

## SAFETY OF LASER PRODUCTS –

### Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)

#### 1 Scope and object

This Part 2 of IEC 60825 provides requirements and specific guidance for the safe operation and maintenance of optical fibre communication systems (OFCS). In these systems optical power may be accessible outside the confinements of transmitting equipment or at great distance from the optical source.

This Part 2 requires the assessment of hazard levels at accessible locations as a replacement for classification according to IEC 60825-1. It applies to the complete installed end-to-end OFCS, including its components and subassemblies that generate or amplify optical radiation. Individual components and subassemblies that are sold only to OEM vendors for incorporation into a complete installed end-to-end OFCS need not be assessed to this standard, since the final OFCS should itself be assessed according to this standard.

NOTE 1 The above statement is not intended to prevent manufacturers of such components and subassemblies from using this standard if they wish to do so, or are required to do so by contract.

This standard does not apply to optical fibre systems primarily designed to transmit optical power for applications such as material processing or medical treatment.

In addition to the hazards resulting from laser radiation, OFCS may also give rise to other hazards, such as fire.

This standard does not address safety issues associated with explosion or fire with respect to OFCS deployed in explosive atmospheres.

Throughout this part of IEC 60825, a reference to 'laser' is taken to include light-emitting diodes (LEDs) and optical amplifiers.

NOTE 2 The optical hazard of light emerging from a fibre is determined by the wavelength and power emerging from the fibre and the optical characteristics of the fibre. (See Annex A.).

The objective of this Part 2 of IEC 60825 is to:

- protect people from optical radiation resulting from OFCS;
- provide requirements for manufacturers, installation organizations, service organizations and operating organizations in order to establish procedures and supply information so that proper precautions can be adopted;
- ensure adequate warnings are provided to individuals regarding the potential hazards associated with OFCS through the use of signs, labels and instructions.

Annex A gives a more detailed rationale for this part of IEC 60825.

The safety of an OFCS depends to a significant degree on the characteristics of the equipment forming that system. Depending on the characteristics of the equipment, it may be necessary to mark safety relevant information on the product or include it within the instructions for use.

Where required by the level of potential hazard, it places the responsibility for the safe deployment and use of these systems on the installer or end-user / operating organization or both. This standard places the responsibility for adherence to safety instructions during installation and service operations on the installation organization and service organizations as appropriate, and operation and maintenance functions on the end-user or operating organization. It is recognised that the user of this standard may fall into one or more of the aforementioned categories of manufacturer, installation organization, end-user or operating organization.

## 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 60825-1:2007, *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*

## 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions contained in IEC 60825-1 as well as the following terms and definitions apply.

### 3.1

#### **accessible location**

any part or location within an OFCS at which, under reasonably foreseeable events, human access to laser radiation is possible without the use of a tool

### 3.2

#### **automatic power reduction (APR)**

a feature of an OFCS by which the accessible power is reduced to a specified level within a specified time, whenever there is an event which could result in human exposure to radiation, e.g. a fibre cable break

NOTE The term “automatic power reduction” (APR) used in this standard encompasses the following terms used in recommendations of the International Telecommunication Union ITU:

- automatic laser shutdown (ALS);
- automatic power reduction (APR);
- automatic power shutdown (APSD).

### 3.3

#### **end-user**

person or organization using the OFCS in the manner the system was designed to be used

NOTE 1 The end-user cannot necessarily control the power generated and transmitted within the system.

NOTE 2 If the person or organization is using the OFCS for a communications application in a manner other than as designed by the manufacturer, then that person/organization assumes the responsibilities of a manufacturer or installation organization.

### 3.4

#### **hazard level**

the potential hazard at any accessible location within an OFCS. It is based on the level of optical radiation which could become accessible in a reasonably foreseeable event, e.g. a fibre cable break. It is closely related to the laser classification procedure in IEC 60825-1

### 3.5

#### **hazard level 1**

hazard level 1 is assigned to any accessible location within an OFCS at which, under reasonably foreseeable events, human access to laser radiation in excess of the accessible emission limits of Class 1 for the applicable wavelengths and emission duration will not occur. The level of radiation is measured with the conditions for Class 1 laser products (see IEC 60825-1), but with condition 2 being as defined in clause 4.8.1 of this standard (IEC 60825-2)

### 3.6

#### **hazard level 1M**

hazard level 1M is assigned to any accessible location within an OFCS at which, under a reasonably foreseeable event, human access to laser radiation in excess of the accessible emission limits of Class 1 for the applicable wavelengths and emission duration will not occur. The level of radiation is measured with the conditions for Class 1M laser products (see IEC 60825-1), but with condition 2 being as defined in clause 4.8.1 of this standard (IEC 60825-2)

NOTE If the applicable limit of hazard level 1M is larger than the limit of 2 or 3R and less than the limit of 3B, hazard level 1M is allocated.

### 3.7

#### **hazard level 2**

hazard level 2 is assigned to any accessible location within an OFCS at which, under a reasonably foreseeable event, human access to laser radiation in excess of the accessible emission limits of Class 2 for the applicable wavelengths and emission duration will not occur. The level of radiation is measured with the conditions for Class 2 laser products (see IEC 60825-1), but with condition 2 being as defined in clause 4.8.1 of this standard (IEC 60825-2)

NOTE If the applicable limit of hazard level 1M is larger than the limit of 2 and less than the limit of 3B, hazard level 1M is allocated.

### 3.8

#### **hazard level 2M**

hazard level 2M is assigned to any accessible location within an OFCS at which, under a reasonably foreseeable event, human access to laser radiation in excess of the accessible emission limits of Class 2 for the applicable wavelengths and emission duration will not occur. The level of radiation is measured with the conditions for Class 2M laser products (see IEC 60825-1), but with condition 2 being as defined in clause 4.8.1 of this standard (IEC 60825-2)

NOTE If the applicable limit of hazard level 2M is larger than the limit of 3R and less than the limit of 3B, hazard level 2M is allocated.

### 3.9

#### **hazard level 3R**

hazard level 3R is assigned to any accessible location within an OFCS at which, under a reasonably foreseeable event, human access to laser radiation in excess of the accessible emission limits of Class 3R for the applicable wavelengths and emission duration will not occur. The level of radiation is measured with the conditions for Class 3R laser products (see IEC 60825-1), but with condition 2 being as defined in clause 4.8.1 of this standard (IEC 60825-2)

NOTE If the applicable limit of hazard level 1M or 2M is larger than the limit of 3R and less than the limit of 3B, hazard level 1M or 2M is allocated.

### 3.10

#### **hazard level 3B**

hazard level 3B is assigned to any accessible location within an OFCS at which, under a reasonably foreseeable event, human access to laser radiation in excess of the accessible emission limits of Class 3B for the applicable wavelengths and emission duration will not occur. The level of radiation is measured with the conditions for Class 3B laser products (see IEC 60825-1), but with condition 2 being as defined in clause 4.8.1 of this standard (IEC 60825-2)

### 3.11

#### **hazard level 4**

hazard level 4 is assigned to any accessible location within an OFCS at which, under a reasonably foreseeable event, human access to laser radiation in excess of the accessible emission limits of Class 3B for the applicable wavelengths and emission duration may occur. The level of radiation is measured with the conditions for Class 3B laser products (see IEC 60825-1), but with condition 2 being as defined in clause 4.8.1 of this standard (IEC 60825-2)

NOTE This standard is applicable for the operation and maintenance of OFCS. In order to achieve an adequate level of safety for persons who may come into contact with the optical transmission path, hazard level 4 is not permitted within this standard. It is permitted to use protection systems, such as automatic power reduction, to achieve the required hazard level where the transmitted power under normal operating conditions (e.g. no fault exists in the fibre path) exceeds that permitted for a particular location type. For instance, it is possible for accessible parts of an OFCS to be hazard level 1 even though the power transmitted down the fibre under normal operating conditions is Class 4.

### 3.12

#### **installation organization**

an organization or individual that is responsible for the installation of an OFCS

### 3.13

#### **location with controlled access; controlled location**

an accessible location where an engineering or administrative control is present to make it inaccessible, except to authorized personnel with appropriate laser safety training

NOTE For examples see D.2.1 a).

### 3.14

#### **location with restricted access; restricted location**

an accessible location that is normally inaccessible by the general public by means of any administrative or engineering control measure but that is accessible to authorized personnel who may not have laser safety training

NOTE For examples see D.2.1 b).

### 3.15

#### **location with unrestricted access; unrestricted location**

an accessible location where there are no measures restricting access to members of the general public

NOTE For examples see D.2.1 c).

### 3.16

#### **manufacturer**

organization or individual that assembles optical devices and other components in order to construct or modify an OFCS

### 3.17

#### **operating organization**

organization or individual that is responsible for the operation of an OFCS

### 3.18

#### **optical fibre communication system (OFCS)**

an engineered, end-to-end assembly for the generation, transfer 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

### 3.19

#### **reasonably foreseeable event**

an event the occurrence of which under given circumstances can be predicted fairly accurately, and the occurrence probability or frequency of which is not low or very low

NOTE Examples of reasonably foreseeable events might include the following: fibre cable break, optical connector disconnection, operator error or inattention to safe working practices.

Reckless use or use for completely inappropriate purposes is not considered as a reasonably foreseeable event.

### 3.20

#### **service organization**

an organization or individual that is responsible for the servicing of an OFCS

### 3.21

#### **subassembly**

any discrete unit, subsystem, network element, or module of an OFCS which contains an optical emitter or optical amplifier

## 4 Requirements

### 4.1 General

This section defines the restrictions that are to be placed on an OFCS and on the location types in which an OFCS can operate, in accordance with the hazard that arises from optical radiation becoming accessible as a result of a reasonably foreseeable event. Whenever one or more alterations are made to an OFCS, the organization responsible for that alteration shall make a determination of whether each alteration could affect the hazard level. If the hazard level has changed, the organization responsible for the alteration(s) shall re-label those locations in the system that are accessible so as to ensure continued compliance with this standard.

Each accessible location within an OFCS shall be separately assessed to determine the hazard level at that location. Where multiple communications systems are present at a location, the hazard level for the location shall be the highest of the levels arising from each of those systems. Based on the hazard level determined, appropriate actions shall be taken to ensure compliance with this standard. These actions could for example involve restriction of access to the location, or the implementation of safety features or redesign of the optical communications system to reduce the hazard level.

Suppliers of active components and subassemblies in conformance with this standard that do not comprise an OFCS need to comply only with the applicable portions of Clause 4.

OFCS that also transmit electrical power shall meet the requirements of this standard in addition to any applicable electrical standard.

NOTE When determining the hazard level, two characteristics have to be taken into account.

1) What is the maximum permissible exposure (MPE)? The level of exposure must be determined at a location where it is reasonably foreseeable that a person could be exposed to radiation coming from the OFCS. The time taken for the APR system (if present) to operate must be included when determining the MPE. If the OFCS does not incorporate APR, then meeting the requirements referred to in Note 2 below will be taken as automatically meeting the requirements of this Note 1 without further investigation or tests. Requirements are described in 4.8.2.

2) What is the maximum permitted power at which the OFCS can operate after a reasonable foreseeable event (such as a fibre-break) has caused the radiation to become accessible? This maximum power value could be lower than the normal operating power in the fibre as a result of activation of the APR system. Requirements are described in 4.8.1.

## 4.2 Protective housing of OFCS

Each OFCS shall have a protective housing which, when in place, prevents human access to laser radiation in excess of hazard level 1 limits under normal operating conditions.

## 4.3 Fibre cables

If the potential hazard at any accessible location within an OFCS is hazard level 1M, 2M, 3R or 3B, then the fibre optic cable shall have mechanical properties appropriate to its physical location. Cables for various physical locations are described in the IEC 60794 series. Where necessary, additional protection, for example ducting, conduit or raceway, may be required for locations where the fibre would otherwise be susceptible to damage.

## 4.4 Cable connectors

The following requirements for cable connectors may be achieved by the mechanical design of the connectors, or by the positioning of the connector, or by any other suitable means. Whichever means is chosen, human access to radiation above that permitted for connectors in a particular location type shall be prevented.

NOTE The use of a tool for disconnection is one example of a mechanical solution.

### 4.4.1 Unrestricted locations

In unrestricted locations, if the accessible radiation level exceeds:

- hazard level 2 within the wavelength range 400 nm to 700 nm, or
- hazard level 1 in all other cases,

then suitable means shall limit access to the radiation from the connector.

NOTE In an unrestricted location the highest hazard levels permitted are hazard level 2M for the wavelength range 400 nm to 700 nm and hazard level 1M in all other cases (see 4.9.1)

### 4.4.2 Restricted locations

In restricted locations, if the accessible radiation level exceeds:

- hazard level 2M within the wavelength range 400 nm to 700 nm, or
- hazard level 1M in all other cases,

then suitable means shall limit access to the radiation from the connector.

NOTE In a restricted location the highest hazard level permitted is hazard level 1M, 2M or 3R, whichever is the higher (see 4.9.2).

### 4.4.3 Controlled locations

In controlled locations, if the accessible radiation level exceeds:

- hazard level 2M within the wavelength range 400 nm to 700 nm, or
- hazard level 1M in all other cases,

then suitable means shall limit access to the radiation from the connector.

NOTE In a controlled location the highest hazard level permitted is hazard level 3B (see 4.9.3).

#### 4.5 Automatic power reduction (APR) and restart pulses

If equipment makes use of an automatic power reduction (APR) system in order to reduce its assigned hazard level, then it shall be restarted with restrictions which are described in the following three scenarios. In addition, the APR shall be designed to have an adequate level of reliability (see Note 1).

NOTE 1 Examples of calculating the reliability of APR systems are given in Clause D.5.

NOTE 2 The restart interval described in the following scenarios is wavelength-dependent as described in IEC 60825-1.

##### 4.5.1 Automatic restart

In the case where the restart is initiated automatically, the timing and power of the restart process shall be restricted such that the hazard level assigned to each accessible location of the system shall not be exceeded.

##### 4.5.2 Manual restart with assured continuity

In the case where the restart is initiated manually and the continuity of the communications path is assured by the use of administrative controls or other means, the timing and power of the restart process is not restricted (see Note 3). The manufacturer's instructions shall specify that administrative controls (or other means) must take account of the fact that the assigned hazard level at any accessible location may be exceeded during this restart procedure.

NOTE 3 Since in this case the timing and power of the restart process is not restricted, the administrative or other controls will need to take into consideration any increased risk of new hazards (such as fire). It is important that these additional controls be documented in the appropriate service instructions.

##### 4.5.3 Manual restart without assured continuity

In the case where the restart is initiated manually and the continuity of the communications path is not assured, the timing and power of the restart process shall be restricted such that the hazard level assigned to each accessible location of the system shall not be exceeded.

##### 4.5.4 Disabling of the APR

If a manual initiated restart of the system temporarily inactivates the APR, the system must indicate that the APR is not operable for the duration of the reboot so that the operating organization can take the appropriate precautions. Unless these conditions are met, the hazard level must be assigned using the transmitting power level before APR.

Disabling of the APR mechanism shall not be permitted for Class 3B and 4 transmitting powers, unless all of the following conditions are met:

- 1) that such disabling is necessary only for the infrequent incidences of system installation and service;
- 2) that such disabling can only be done via software commands or a manual lockout key system;
- 3) if disabling is done via software commands, incorporated in such software shall be a security system that prevents inadvertent disabling of the APR mechanism;
- 4) that such software incorporate a warning indicator that the APR will be disabled if the procedure is continued;
- 5) continuous operation of the traffic-carrying OFCS with APR disabled shall be prevented by suitable engineering means;
- 6) proper instructions on the safe use of the equipment with the disabled APR are included in the documentation.

- 7) it shall not be possible to disable the APR permanently – the APR must automatically re-enable (see also note 3);
- 8) it shall only be possible to disable APR at the transmitting equipment (i.e. remote disabling of the APR is not normally permitted), except when in direct communication with persons (possibly at remote locations) likely to be exposed to higher levels of radiation than before the APR is disabled.  
NOTE 1 Consideration should be given to the fact that Raman systems may also emit high power from the receive termination.
- 9) a clear and unambiguous warning shall be displayed continuously while the APR remains disabled;
- 10) manual start-up or re-start of high power systems with APR disabled

It is recognised that systems utilising high optical powers (by their very nature) must use high powers to ensure continuity - otherwise no signal will be received at the far end. Therefore it is permitted to use high powers (class 4) at initial system start-up, provided this is done by trained personnel under defined conditions.

Every effort must be made to ensure system continuity (i.e. OTDR continuity testing from both ends of the system) and to ensure personnel are not exposed to class 3B or class 4 radiation. This can also be done by rigorous administrative controls.

NOTE 2 Except where otherwise explicitly stated, this standard does not permit end-to-end OFCS to operate if accessible locations within that system are hazard level 4. If the transmitting power of a transmitter, amplifier, etc. is Class 4 and the APR has been disabled, then the result would be accessible locations operating at hazard level 4. Nevertheless, it is recognised that it may be necessary to disable the APR in certain conditions, but these conditions need to be well controlled and time-limited so that the probability of exposure to a Class 4 radiation is very low.

NOTE 3 Regarding condition 5), an example of a 'suitable engineering means' is a control system that automatically re-enables the APR as soon as practicable after a time interval that is long enough to complete whatever task that caused the APR to be initially deactivated.

NOTE 4 One hour is suggested as a suitable time after which the APR should re-enable.

## 4.6 Labelling or marking

### 4.6.1 General requirements

Where required by this subclause, each optical connector, splice box or other part emitting radiation when opened shall be marked (e.g. with a label, sleeve, tag, tape etc.), if the hazard level at the location is in excess of hazard level 1. The information shall consist of the information identified in Tables 1, 2 or 3 as applicable.

Where the accessible radiation at points of disconnection is hazard level 1 or hazard level 1M it is permitted for the above information to be provided in information for the user instead of as a marking on the product.

Markings shall be coloured black on a yellow background. Labels reproduced in the documentation provided by the manufacturer or by the operating organisation are permitted to use black on a white background.

It is acceptable to reduce the marking in size, providing that the result is legible. For subassemblies containing lasers or optical amplifiers, it is the responsibility of the manufacturer of the subassembly to provide such labelling; all other labelling is the responsibility of the operating organization.

Except as permitted below, each optical connector, splice box or other part that is intended to permit access to optical radiation when opened shall be marked (e.g. with a label, sleeve, tag, tape etc.) in accordance with Tables 1, 2 or 3, as applicable.

In addition to the marking required in this Part 2, certain subassemblies may also need to be marked because of their stand-alone application under Part 1, and in such situations it is left to the manufacturer of the OFCS whether they supplement the marking required by Part 1 or replace it with the marking as required by Part 2.

**Table 1 – Marking in unrestricted locations**

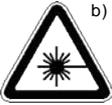
Accessible hazard level	Required marking - Unrestricted location
1	No marking required
1M	No marking required <sup>a)</sup>
2	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  <p>b)</p> </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <p><b>CAUTION</b></p> <p>HAZARD LEVEL 2 LASER <sup>c)</sup> RADIATION <sup>d)</sup></p> <p>DO NOT STARE INTO BEAM</p> </div> <div style="text-align: right;"> <p>e)</p> </div> </div>
2M	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  <p>b)</p> </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <p><b>CAUTION</b></p> <p>HAZARD LEVEL 2M LASER <sup>c)</sup> RADIATION <sup>d)</sup></p> <p>DO NOT STARE INTO THE BEAM OR VIEW DIRECTLY WITH NON-ATTENUATING OPTICAL INSTRUMENTS</p> </div> <div style="text-align: right;"> <p>e)</p> </div> </div>
3R	Not permitted
3B	Not permitted
NOTE See 4.6.5 regarding invisible laser beam hazards.	
<p>Conditions applicable to the above table:</p> <p><sup>a)</sup> Subclause 4.4.1 requires access to radiation from a connector to be limited to hazard level 1 by a suitable means and the mechanical design of the fibre cables must be consistent with the relevant standard within the IEC 60794 series (see 4.3). Therefore, hazard level 1M is exempt from marking requirements.</p> <p><sup>b)</sup> Hazard symbol warning label according to IEC 60825-1, Figure 1.</p> <p><sup>c)</sup> Where the source of the radiation is a light emitting diode, the word "Laser" above shall be replaced by "LED".</p> <p><sup>d)</sup> Replacing the word "Radiation" with "Light" for radiation in the range 400 nm to 700 nm is optional.</p> <p><sup>e)</sup> Explanatory label (outline) according to IEC 60825-1, Figure 2. It is permitted for this outline to also encompass the hazard symbol according to IEC 60825-1, Figure 1.</p>	

Table 2 – Marking in Restricted Locations

Accessible hazard level	Required Marking - Restricted Location
1	No marking required
1M	<p>Marking required only for those cases where the requirements for cable connectors in unrestricted locations are not met (see 4.4.1), but also see note 2 below:</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>a)</p> </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <p><b>CAUTION</b></p> <p>HAZARD LEVEL 1M LASER <sup>b)</sup> RADIATION <sup>c)</sup></p> <p>DO NOT VIEW DIRECTLY WITH NON-ATTENUATING OPTICAL INSTRUMENTS</p> </div> <div style="text-align: right;"> <p>d)</p> </div> </div>
2	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>a)</p> </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <p><b>CAUTION</b></p> <p>HAZARD LEVEL 2 LASER <sup>b)</sup> RADIATION <sup>c)</sup></p> <p>DO NOT STARE INTO BEAM</p> </div> <div style="text-align: right;"> <p>d)</p> </div> </div>
2M	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>a)</p> </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <p><b>CAUTION</b></p> <p>HAZARD LEVEL 2M LASER <sup>b)</sup> RADIATION <sup>c)</sup></p> <p>DO NOT STARE INTO THE BEAM OR VIEW DIRECTLY WITH NON-ATTENUATING OPTICAL INSTRUMENTS</p> </div> <div style="text-align: right;"> <p>d)</p> </div> </div>
3R	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>a)</p> </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <p><b>CAUTION</b></p> <p>HAZARD LEVEL 3R LASER <sup>b)</sup> RADIATION <sup>c)</sup></p> <p>AVOID EXPOSURE TO THE BEAM</p> </div> <div style="text-align: right;"> <p>d)</p> </div> </div>
3B	Not permitted.
<p>NOTE 1 Where the accessible radiation at points of disconnection is hazard level 1 or hazard level 1M, it is permitted for this to be noted in information for the user instead of as a marking on (e.g.) the product, fibre or connector.</p>	
<p>NOTE 2 See 4.6.5 regarding invisible laser beam hazards.</p>	
<p>Conditions applicable to the above table:</p> <p>a) Warning label according to Figure 1 of IEC 60825-1.</p> <p>b) Where the source of the radiation is a light emitting diode, the word "Laser" above shall be replaced by "LED".</p> <p>c) If the radiation is in the range 400 nm to 700 nm it is optional to replace the word "Radiation" with "Light".</p> <p>d) Explanatory label (outline) according to Figure 2 of IEC 60825-1. It is permitted for this outline to also encompass the hazard symbol according to Figure 1 of IEC 60825-1.</p>	

**Table 3 – Marking in controlled locations**

Accessible hazard level	Required Marking - Controlled Location
1	No marking required
1M	No marking required <sup>e)</sup>
2	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <sup>a)</sup>   </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <sup>d)</sup>                      CAUTION                      HAZARD LEVEL 2 LASER <sup>b)</sup> RADIATION <sup>c)</sup>                      DO NOT STARE INTO BEAM                 </div> </div>
2M	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <sup>a)</sup>   </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <sup>d)</sup>                      CAUTION                      HAZARD LEVEL 2M LASER <sup>b)</sup> RADIATION <sup>c)</sup>                      DO NOT STARE INTO THE BEAM OR VIEW DIRECTLY                      WITH NON-ATTENUATING OPTICAL INSTRUMENTS                 </div> </div>
3R	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <sup>a)</sup>   </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <sup>d)</sup>                      CAUTION                      HAZARD LEVEL 3R LASER <sup>b)</sup> RADIATION <sup>c)</sup>                      AVOID EXPOSURE TO THE BEAM                 </div> </div>
3B	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <sup>a)</sup>   </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <sup>d)</sup>                      CAUTION                      HAZARD LEVEL 3B LASER <sup>b)</sup> RADIATION <sup>c)</sup>                      AVOID EXPOSURE TO THE BEAM                 </div> </div>
<p>NOTE See 4.6.5 regarding invisible laser beam hazards.</p>	
<p>Conditions applicable to the above table:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Warning label according to Figure 1 of IEC 60825-1.</li> <li>b) Where the source of the radiation is a light emitting diode, the word “Laser” above shall be replaced by “LED”.</li> <li>c) If the radiation is in the range 400 nm to 700 nm it is optional to replace the word “Radiation” with “Light”.</li> <li>d) Explanatory label (outline) according to Figure 2 of IEC 60825-1. It is permitted for this outline to also encompass the Hazard Symbol according to Figure 1 of IEC 60825-1.</li> <li>e) It is recommended but not required to identify those connectors having an optical output by using the warning label according to Figure 14 of IEC 60825-1.</li> </ul>	

**4.6.2 Marking of connectors of optical transmitters and optical amplifiers**

Manufacturers of optical transmitters and manufacturers of optical amplifiers shall comply with the requirements of 4.6.1 as regards each optical port, or group of ports (see 4.6.3) that may be connected to an optical fibre. For such connectors of optical transmitters and optical amplifiers, the requirements of 4.6.1 are modified as below.

If 4.6.1 requires a marking to be provided, then the wavelength range shall be added to the information already required by Tables 1, 2 and 3. Preferred values of wavelength range are:

- 400 nm to 700 nm
- 700 nm to 1 150 nm
- 1 200 nm to 1 400 nm
- 1 400 nm to 1 600 nm.

Between 1 150 nm and 1 200 nm, the exact wavelength shall be marked.

NOTE 1 Between 1 150 nm and 1 200 nm, the value of  $c_7$  (see IEC 60825-1) changes significantly.

NOTE 2 Input ports of (e.g.) Raman Amplifiers may also emit hazardous levels of optical radiation and should be labelled accordingly.

NOTE 3 The above are examples of wavelength ranges: the actual wavelength range of operation may be included in the marking e.g. 1 300 nm to 1 600 nm

#### 4.6.3 Markings for groups of connectors

Groups of connectors such as patch panels may be marked as a group, with just a single clearly visible Hazard Level marking rather than having each connector individually marked. If a group of connectors is enclosed within a housing and it is a foreseeable event that exposure to optical radiation above Hazard Level 1M could result from accessing the connectors in that housing, then a marking shall be clearly visible both before and after the housing is opened. This may require the use of more than one marking.

The tables intentionally omit the (optional) inclusion of the type of optical instrument which might result in an increased hazard for hazard level 1M and 2M (i.e. 'BINOCULARS OR TELESCOPES' or 'MAGNIFIERS') (see Section 5 of IEC 60825-1).

#### 4.6.4 Durability – Indelibility requirements for safety markings

Any marking required by this standard shall be durable and legible. In considering the durability of the marking, the effect of normal use shall be taken into account.

*Compliance is checked by inspection and by rubbing the marking by hand for 15 s with a piece of cloth soaked with water and again for 15 s with a piece of cloth soaked with petroleum spirit. After this test, the marking shall be legible; it shall not be possible to remove marking plates easily and they shall show no curling.*

*The petroleum spirit to be used for the test is aliphatic solvent hexane having a maximum aromatics content of 0,1 % by volume, a kauributanol value of 29, an initial boiling point of approximately 65 °C, a dry point of approximately 69 °C and a mass per unit volume of approximately 0,7 kg/l.*

NOTE The above requirement and test is identical to that contained in 1.7.13 of IEC 60950-1:2001.

#### 4.6.5 Warning for invisible radiation

If the output of the laser is outside the wavelength range 400 nm to 700 nm, the wording 'laser radiation' in the labels in Tables 1, 2 and 3 shall be modified to read 'invisible laser radiation', or if the output is at wavelengths both inside and outside this wavelength range, to read 'visible and invisible laser radiation'. If a product is classified on the basis of the level of visible laser radiation and also emits in excess of the AEL of Class 1 at invisible wavelengths, the label shall include the words 'visible and invisible laser radiation' in lieu of 'laser radiation'.

## 4.7 Organizational requirements

### 4.7.1 Manufacturers of ready-to-use OFCS, turn key systems or subassemblies

Manufacturers of OFCS, turnkey end-to-end systems or subassemblies shall:

- 1) ensure that the equipment satisfies the applicable requirements of this standard;
- 2) provide the following information:
  - a) adequate description of the engineering design features incorporated into the product to prevent exposure to radiation above the MPE levels;
  - b) adequate instructions for proper assembly, maintenance and safe use including clear warnings concerning precautions to avoid possible exposure to radiation above the MPE levels;
  - c) adequate instructions to installation organizations and service organizations to ensure the product can be installed and serviced in a manner that the radiation accessible under reasonably foreseeable events meets the requirements of Clause 4;
  - d) the hazard levels at accessible locations within the system or subassembly and the parameters upon which those hazard levels are based;
  - e) for systems with APR:
    - the reaction time and operating parameters of the APR;
    - where installation or service requires overriding an APR, information shall be included to enable the operating organization to specify safe work practices while the APR is overridden and safe procedures reinstating and testing such systems;
    - if a manual initiated restart temporarily inactivates the APR, the timing of the restart shall be stated clearly in the user manual;
    - all scenarios (e.g. removal or failure of a controller or other element) where the APR would not be operable including appropriate precautions that need to be taken under such conditions.
  - f) any other information relevant to the safe use of the OFCS;
  - g) a statement that the equipment must be installed according to the manufacturer's instructions, including the warning "CAUTION: Use of controls or adjustments or performance of procedures other than those specified herein may result in hazardous radiation exposure."

### 4.7.2 Installation and service organization

The organization responsible for the installation and servicing of OFCS shall follow the manufacturer's instructions for installation of equipment in a manner that will ensure that the accessible radiation under reasonably foreseeable events satisfies the requirements of Clause 4.

Before placing an OFCS into service, the installation organization or service organization, as applicable, shall ensure that APR, if used, is in appropriate working condition as designated in 4.5 and 4.8.

For systems with accessible locations other than hazard level 1 or 2, the installation organization and/or the service organization shall:

- a) provide adequate laser safety training of personnel responsible for carrying out installation and service activities;
- b) ensure that suitable access controls and warning labels are employed on controlled and restricted locations.

### 4.7.3 Operating organization

The operating organization has the ultimate responsibility for the safety of the end-to-end system. This includes, especially:

- a) identification of the location type at all accessible locations of the entire OFCS;
- b) ensuring that the hazard levels are not exceeded for those location types under reasonably foreseeable events;
- c) ensuring that installation and service is performed only by organizations with the capability of satisfying the requirements of 4.2 to 4.9;
- d) ensuring that access to restricted and controlled locations is appropriately addressed with respect to laser safety;
- e) ensuring continuous compliance with system manufacturing, operating, installation, service and safety requirements.

## 4.8 Assessment of hazard level

### 4.8.1 Determination of hazard level

The hazard level is determined by the measurement of the optical radiation that could become accessible following any reasonably foreseeable event (e.g. fibre break) during operation and maintenance. The methods for the determination of compliance with the specified radiation limit values are the same as those described for classification in IEC 60825-1.

For wavelengths above 1 400 nm, condition 2 measurements to establish hazard levels shall be made with a 7 mm aperture at a distance of 28 mm from the end of the fibre (this simulates a x18 magnifier).

For all other wavelengths, condition 2 measurements to establish hazard levels shall be made with a 7 mm aperture at a distance of 70 mm from the end of the fibre (this simulates a x7 magnifier).

In addition to the above, and for all wavelengths, the total emission from the fibre for HL 3B systems shall not exceed the AEL of class 3B.

Measurements need to be taken under the appropriate conditions, e.g. simulated fibre cable break, and shall be based on the relevant clauses in IEC 60825-1.

The assessment of the hazard level with and without automatic power reduction shall take place:

- 1 s after the reasonably foreseeable event for unrestricted locations, unless measurement at a later time would result in a larger exposure;
- 3 s after the reasonably foreseeable event for restricted and controlled locations, unless measurement at a later time would result in a larger exposure.

In circumstances where it is difficult to carry out direct measurements, an assessment of hazard level based on calculations is acceptable. For example, the knowledge of the laser or amplifier power and fibre attenuation may allow an assessment of the hazard at any particular location.

For OFCS with automatic power reduction, the hazard level will be determined by the accessible emission (pulse or continuous wave) after the time interval given above (1 s for unrestricted locations, 3 s for restricted locations or controlled locations). Additionally, the MPE requirement in 4.8.2 shall be satisfied.

#### 4.8.2 Impact of using automatic power reduction features

Where the OFCS uses an automatic power reduction feature to meet the limits of a hazard level that is lower than that which would have to be assigned if no automatic power reduction feature would be present, the irradiance or radiant exposure during the maximum time to reach the lower hazard level specified in 4.8.1 (1 s for unrestricted, 3 s for restricted or controlled locations) shall not exceed the irradiance or radiant exposure limits (MPE). For controlled locations the measurement distance is 250 mm for this subclause only.

#### 4.8.3 Conditions for tests and assessment

Tests and assessments shall be carried out under reasonably foreseeable fault conditions.

In some complex systems (e.g. where the optical output is dependent on the integrity of other components and the performance of circuit design and software), it may be necessary to use other recognised methods for hazard/safety assessment (see Annex C).

However, faults which result in the emission of radiation in excess of the hazard level need not be considered if:

- they are for a limited duration only; and
- it is not reasonably foreseeable that human access to the radiation will occur before the product is taken out of service.

NOTE When applying the relevant MPE requirement in 4.8 in relation to a beam exiting, e.g. a broken fibre-end or un-made connector, two factors are important:

- a) is it reasonably foreseeable that a person's eye will be exposed to the beam?
- b) is it reasonably foreseeable that a person's skin could be irradiated by the beam?

When determining what is reasonably foreseeable, consideration is given to the physical location of the beam exit point, the distance between the exit point and the eye or skin, and the time taken for the APR to reduce the exposure to the level required by 4.9. Even if naked eye or skin exposure is not reasonably foreseeable, the possibility of fire hazard should also be considered.

#### 4.9 Hazard level requirements by location type

The required hazard level shall be determined for each accessible location within an OFCS.

NOTE 1 This includes access to optical fibres that can become broken.

NOTE 2 This standard is applicable for the operation and maintenance of OFCS. For the safety of the user, hazard level 4 is not allowed throughout the standard. Where systems employ normal transmitting power levels exceeding the acceptable hazard level for the particular location type, protection systems such as automatic power reduction may be used to determine the actual hazard level.

##### 4.9.1 Unrestricted access locations

At a location with unrestricted access the hazard level shall be 1, 1M, 2 or 2M.

NOTE If the applicable limit of hazard level 1M is larger than the limit of 2 and less than the limit of 3B, hazard level 1M is allocated.

##### 4.9.2 Restricted access locations

At a location with restricted access the hazard level shall be 1, 1M, 2, 2M or 3R.

NOTE 1 If the applicable limit of hazard level 1M or 2M is larger than the limit of 3R and less than the limit of 3B, hazard level 1M or 2M is allocated respectively.

NOTE 2 If the applicable limit of hazard level 1M is larger than the limit of 2 and less than the limit of 3B, hazard level 1M is allocated.

##### 4.9.3 Controlled access locations

At a location with controlled access the hazard level shall be 1, 1M, 2, 2M, 3R or 3B.

## Annex A (informative)

### Rationale

The safety of laser products, equipment classification, requirements and user's guide are covered by IEC 60825-1 and IEC/TR 60825-14. Part 1 is primarily aimed at self-contained products which are under effective local control. An OFCS will be safe under normal operating conditions because the optical radiation is totally enclosed under intended operation. However, because of the extended nature of these systems (where optical power, under certain conditions, may be accessible many kilometres from the optical source), the precautions to minimise the hazard will be different from those concerning laser sources which are normally under local operator control. (It should be noted that many OFCS contain LEDs, which are excluded from the scope of IEC 60825-1.)

The potential hazard of an OFCS depends on the likelihood of the protective housing being breached (e.g. a disconnected fibre connector or a broken cable) and on the nature of the optical radiation that might subsequently become accessible. The engineering requirements and user precautions that are required to minimise the hazard are specified in this Part 2 of IEC 60825.

Each accessible location within an OFCS is allocated, by the system operating organization or its delegate, a hazard level that gives a guide as to the potential hazard if optical radiation becomes accessible. These hazard levels are described as hazard levels 1 to 4, in a fashion similar to the classification procedure described in IEC 60825-1. In fibre optic applications the limits of hazard levels 1M and 2M are often higher than the limit of hazard level 3R, but less than the limit of hazard level 3B. For these applications hazard level 3R is not applicable (see notes to 3.6, 3.8 and 3.9).

Where operating organizations subcontract the installation, operation or maintenance of fibre optic communication systems, the responsibilities in relation to laser safety should be clearly defined by the operator.

In summary, the primary differences between IEC 60825-1 and this Part 2 are as follows.

- A whole OFCS will not be classified as required by IEC 60825-1. This is because under intended operation, the optical radiation is totally enclosed, and it can be argued that a rigorous interpretation of IEC 60825-1 would give a Class 1 allocation to all systems, which may not reflect the potential hazard accurately. However, if the source can be operated separately, it should be classified according to IEC 60825-1.
- Each accessible location in the extended enclosed optical transmission system will be designated by a hazard level on similar procedures as those for classification in IEC 60825-1, but this level will be based not on accessible radiation but on radiation that could become accessible under reasonably foreseeable circumstances (e.g. a fibre cable break, a disconnected fibre connector etc.).
- The nature of the safety precautions required for any particular hazard level will depend on the type of location, i.e. domestic premises, industrial areas where there would be limited access, and switching centres where there could be controlled access. For example, it is specified that in the home a disconnected fibre connector should only be able to emit radiation corresponding to Class 1 or 2, whilst in controlled areas it could be higher.

The changes to IEC 60825-2:2004 and its amendment are

- a) a revision of the references to IEC 60825-1 made necessary by the re-ordering of the latest version of IEC 60825-1, and
- b) changes in the measurements made to ensure that safety is retained when fibre ends are examined through medium to high power magnifiers and/or microscopes, as sometimes used in the telecommunications industry.

**Annex B**  
(informative)

**Summary of requirements at locations in OFCS**

Hazard Level	Location type		
	Unrestricted	Restricted	Controlled
1	No requirements	No requirements	No requirements
1M	Hazard level 1 from connectors that can be opened by an end-user <sup>a</sup>  No labelling or marking requirement <sup>b</sup>	No labelling or marking required if connectors that can be opened by end-user are hazard level 1. If output is hazard level 1M then labelling or marking is required <sup>b</sup>	No requirements
2	Labelling or marking <sup>b</sup>	Labelling or marking <sup>b</sup>	Labelling or marking <sup>b</sup>
2M	Labelling or marking <sup>b</sup> , and Hazard level 2 from connector <sup>b</sup>	Labelling or marking <sup>b</sup>	Labelling or marking <sup>b</sup>
3R	Not permitted <sup>c, d</sup>	Labelling or marking <sup>b</sup> , and Hazard level 1M or 2M from connector <sup>a</sup>	Labelling or marking <sup>b</sup> , and Hazard level 1M or 2M from connector <sup>a</sup>
3B	Not permitted <sup>c, d</sup>	Not permitted <sup>c, d</sup>	Labelling or marking <sup>b</sup> , and Hazard level 1M or 2M from connector <sup>a</sup>
4	Not permitted <sup>c, d</sup>	Not permitted <sup>c, d</sup>	Not permitted <sup>c, d</sup>
NOTE Where the information contained in this annex differs from the requirements contained in Clause 4, the requirements of Clause 4 have precedence.			
<p>a See 4.4.</p> <p>b See 4.6.</p> <p>c See 4.5 and 4.8.2. Where systems employ normal transmitting power levels exceeding the acceptable hazard level for the particular location type, protection systems such as automatic power reduction may be used to determine the actual Hazard Level.</p> <p>d See 4.9.</p>			

## **Annex C** (informative)

### **Methods of hazard/safety analysis**

Some methods of hazard/safety analysis include the following:

- a) preliminary hazard analysis (PHA) including circuit analysis. This method may be used in its own right, but is an essential first stage in the application of other methods of hazard/safety assessment;
- b) consequence analysis – see the IEC 61508 series of standards [5];
- c) failure modes and effects analysis (FMEA);
- d) failure modes, effects and criticality analysis (FMECA) (see IEC 60812 [1]);
- e) fault tree analysis (FTA);
- f) event tree analysis;
- g) hazards and operability studies (HAZOPS).

Appropriate testing should be implemented to supplement the analysis whenever necessary. The method of analysis and any assumptions made in the performance of the analysis should be stated by the manufacturer/operator.

## **Annex D** (informative)

### **Application notes for the safe use of OFCS**

#### **D.1 Introduction**

This annex provides guidance on the application of this standard to specific practical situations. It is an informative annex to assist the users of this standard in applying the requirements of IEC 60825-1 and IEC 60825-2 to their specific application. It does not contain any requirements.

This standard applies to OFCS. In such systems the optical power can be transmitted for long distances beyond the optical source and measures need to be taken to ensure that the potential hazards from a broken communications path are minimised. In order to know the extent of the potential hazard existing in an OFCS it is necessary to assign a hazard level to those locations that can become accessible: this is similar to, but replaces, the designation of a Class to the equipment within IEC 60825-1.

It is possible to configure an optical fibre communications system to act as a closed-loop control system, such that when the communications path is broken the transmitted signal is automatically reduced in power within a short period of time to a safe value. It is therefore possible to have two systems, one with automatic power reduction (APR) and another without APR, both having the same hazard level (and therefore the same degree of safety): the signal level under normal operating conditions in the system with APR can then be much higher than the signal level in the system without APR. Because the APR feature is critical to safety, the reliability of this feature should be adequate and recommendations are provided in this Annex.

Whereas the Part 1 standard applies to discrete laser products, this Part 2 applies to complete end-to-end systems. Because the subassemblies that generate or amplify optical radiation are critical to the safety of the OFCS, and because they have to meet part of the requirements, these items are also included within the scope of this standard. The manufacturers of individual passive components or passive subassemblies that are not yet incorporated into the end-to-end system can not know the associated hazard level and so these items are excluded from the scope of this standard.

This standard does not address safety issues associated with explosion or fire with respect to OFCS deployed in hazardous locations.

#### **D.2 Areas of application**

##### **D.2.1 Typical OFCS installations**

a) Locations with controlled access (see 3.13):

- cable ducts;
- street cabinets;
- dedicated and delimited areas of distribution centres;
- test rooms in cable ships.

NOTE Where service access to cable ducts and street cabinets could expose the general public to radiation in excess of the accessible emission limit of Class 1, appropriate temporary exclusion provisions (e.g. a hut) should be provided.

- b) Locations with restricted access (see 3.14):
  - secured areas within industrial premises not open to the public;
  - secured areas within business/commercial premises not open to the public (for example telephone PABX rooms, computer system rooms, etc.);
  - general areas within switching centres;
  - delimited areas not open to the public on trains, ships or other vehicles.
- c) Locations with unrestricted access (see 3.15):
  - domestic premises;
  - services industries that are open to the general public (e.g. shops and hotels);
  - public areas on trains, ships or other vehicles;
  - open public areas such as parks, streets, etc.;
  - non-secured areas within business/industrial/commercial premises where members of the public are permitted to have access, such as some office environments.

OFCS may pass through unrestricted public areas (for example in the home), restricted areas within industrial premises, as well as controlled areas such as cable ducts or street cabinets.

Optical local area networks (LANs) may be deployed entirely within restricted business premises.

Fibre systems may be entirely in unrestricted domestic premises such as hi-fi interconnections.

For requirements on infra-red (IR) wireless LANs or free space optical systems, see separate applicable part of IEC 60825-12 [16].

### **D.2.2 Typical system components**

- a) Fibre cables:       single fibre/multiple fibre/ribbon construction  
                          single mode/multimode  
                          all dielectric or hybrid construction  
                          carrying single/multiple wavelengths  
                          uni/bidirectional fibre  
                          communications/power feeding
- b) Optical sources:  LEDs, VCSEL, Fabry Perot or DFB lasers, pump lasers, optical amplifiers  
                          bulk/distributed, continuous/low/high-frequency emission
- c) Connectors:       simplex/duplex/multiway/hybrid
- d) Power splitters, wavelength multiplexers, attenuator
- e) Protective enclosures and housings
- f) Fibre distribution frames

### **D.2.3 Typical operating functions**

- a) Installation
- b) Operation
- c) Maintenance
- d) Servicing
- e) Fault-finding
- f) Measurement (including optical time domain reflectometry (OTDR))

### D.3 OFCS power limits

The maximum mean power for each hazard level for the most important wavelengths and optical fibre types used in OFCS is presented in Table D.1. For most typical systems with duty cycles between 10 % and 100 %, the peak power can be allowed to increase as the duty cycle decreases. However, for duty cycles  $\leq 50$  %, it is most straightforward to limit the peak powers to twice these mean power limits, although IEC 60825-1 can be used for a more sophisticated analysis in order to identify any increase in peak powers permissible for these types of systems. This is especially valid when "visible sources" with wavelengths in the photochemical hazard area are used.

NOTE 1 For the most common single mode and multimode fibres the point source limits have to be applied. Fibres with core diameters above 150  $\mu\text{m}$  (e.g. plastic optical fibre (POF) and hard clad silica fibre (HCS)) have to be considered as intermediate extended sources. However, the applicable apparent source size for the determination of the factor  $C_6$  may depend on the actual degree of mode-filling.

The following aperture diameter and measuring distances are to be used:

- 7 mm at 70 mm for wavelengths < 1 400 nm
- 7 mm at 28 mm for wavelengths > 1 400 nm

NOTE 2 In the latter case for wavelengths > 1 400 nm, for the vast majority of cases this condition will measure all the emission from the fibre, and will therefore account for any level of magnification.

NOTE 3 An alternative to the latter condition for wavelengths > 1 400 nm is simply to measure the total emission from the fibre while recognising that in certain cases this may result in an over estimate of the actual hazard.

NOTE 4 For HL 3B systems the total emission from the fibre shall be limited to be less than the AEL of class 3B (thus effectively capping the optical power in the fibre at 500 mW for exposures in excess of 0,25 s, and at the appropriate level for shorter exposures including e.g. system restart pulses).

**Table D.1 – OFCS power limits for 11  $\mu\text{m}$  single mode (SM) fibres and 0,18 numerical aperture multimode (MM) fibres (core diameter < 150  $\mu\text{m}$ )**

Wavelength and fibre type	Hazard Level					
	1	1M	2	2M	3R	3B
633 nm (MM)	1,95 mW (+3 dBm)	3,9 mW (+5,9 dBm)	4,99 mW (+7 dBm)	10 mW (+10 dBm)	24,9 mW (+14 dBm)	500 mW
780 nm (MM)	2,81 mW (+4,5 dBm)	5,6 mW (+7,5 dBm)	–	–	14,4 mW (+11,6 dBm)	500 mW
850 nm (MM)	3,88 mW (+5,9 dBm)	7,8 mW (+8,9 dBm)	–	–	19,9 mW (+13 dBm)	500 mW
980 nm (MM)	7,06 mW (+8,5 dBm)	14,1 mW (+11,5 dBm)	–	–	36,2 mW (+15,6 dBm)	500 mW
980 nm (SM)	1,8 mW (+2,6 dBm)	2,66 mW (+4,2 dBm)	–	–	9,21 mW (+9,6 dBm)	500 mW
1310 nm (MM)	77,8 mW (+18,9 dBm)	156 mW (+21,9 dBm)	–	–	399 mW (+26 dBm)	500 mW
1310 nm (SM)	25,8 mW (+14,1 dBm)	42,8 mW (+16,3 dBm)	–	–	129 mW (+21,1 dBm)	500 mW
1 400 nm 1 600 nm (MM)	13,3 mW (+11,2 dBm)	384 mW (+25,8 dBm)	–	–	See note to 3.9	500 mW
1 420 nm (SM)	10,1 mW (+10 dBm)	115 mW (+20,6 dBm)	–	–	See note to 3.9	500 mW
1 550 nm (SM)	10,2 mW (+10,1 dBm)	136 mW (+21,3 dBm)	–	–	See note to 3.9	500 mW

**NOTE 1 Hazard Levels 1M and 2M**

The maximum power shown in the table for 11 microns fibre is limited by the power density. The precise fibre power limit is therefore determined by the minimum expected beam divergence, which is in turn dependent on the single mode fibre mode field diameter (MFD). This may change for different values of the MFD and there are significant changes in Class limits as the MFD changes. Some high power connectors use enlarged mode field diameter (MFD) and the far field divergence is lower. These connectors can result in a higher hazard level and determination of the hazard level when using these connectors is strongly recommended.

**NOTE 2 1 310 nm figures**

The 1 310 nm figures are calculated for 1 270 nm, which is the shortest wavelength in the "1 310 nm" telecommunications window.

**NOTE 3 Fibre parameters**

The fibre parameters used are the most conservative cases; single mode figures are calculated for a fibre of 11 microns mode field diameter, and multimode figures for a fibre with a numerical aperture of 0,18. Many systems operating at 980 nm and 1 550 nm use fibres with smaller MFDs. For example, the limit for hazard level 1M when a wavelength of 1 550 nm is transmitted along dispersion shifted fibre cables having upper limit values of MFD of 9,1  $\mu\text{m}$  is 197 mW.

**NOTE 4 Hazard level 1M limits for <1 310 nm**

The hazard level 1M limits for single mode fibres at 900 nm and below are not presented here, as the divergence that these wavelengths will undergo is rather variable. This is because these wavelengths are in fact multimoded in standard 1 310 nm single mode fibre, and the exact divergence will depend on the rather unpredictable degree of mode mixing. This mode mixing variability is also a potential problem when trying to evaluate these wavelengths on true multimode fibre. If it is necessary to calculate a value for these cases, the assumption that the fibre carries all of its power in the fundamental mode and use of the single mode equations will yield a conservative value.

**NOTE 5 Multimode fibres with core diameters above 150  $\mu\text{m}$** 

These fibres have to be considered as intermediate extended sources (e.g. hard clad silica (HCS) fibres with 200  $\mu\text{m}$  or plastic optical fibres with 1000  $\mu\text{m}$  core diameter). The applicable source size may depend on the degree of mode filling and should be determined in detail before calculating the limit values.

**NOTE 6 Hazard level 2 limits**

It can be shown, that for apparent source sizes smaller than 33 mrad (most cases in fibre communication techniques) the hazard level 2 limits are always lower than the appropriate hazard level 1M limits: Safe for the unaided eye, but potentially unsafe when using optical instruments.

**NOTE 7 Multiple fibres and ribbon cables**

The limits in the table are calculated for single fibres only. If multiple fibres or ribbon fibres with single fibres located in close proximity to each other have to be assessed, each individual fibre and each possible grouping of the fibres has to be evaluated.

**NOTE 8 1 420 nm figure**

The 1 420 nm figure is calculated for the 1420 nm to 1 500 nm Raman range.

**NOTE 9 Multimode fibres with core diameters between 52,5  $\mu\text{m}$  and 150  $\mu\text{m}$ .**

The fibres can (optionally) be evaluated using the measurement criteria specified in 9.3.3 of IEC 60825-1, which may result in a higher allowable power limit.

## D.4 Hazard level evaluation examples

### D.4.1 Multiple wavelengths over the same fibre

When more than one wavelength is transmitted along a single fibre, such as on a wavelength division multiplex (WDM) system, then the hazard level depends on both the power levels and on whether the wavelengths are additive. For skin exposure to wavelengths usually used in OFCS, the hazards are always additive. For most fibre systems, 1 400 nm is the point at which addition conditions change:

- if two wavelengths are both below 1 400 nm, they add, i.e. the combined hazard is higher;
- if two wavelengths are both above 1 400 nm, they add, i.e. the combined hazard is higher;
- if one wavelength is above 1 400 nm and one is below, then hazards do not add, i.e. the combined hazard does not increase.

It is necessary to calculate separately for skin and retinal hazards.

To calculate the hazard level for a multi-wavelength system it is necessary to calculate the system power at each wavelength as a proportion of the AEL for that Class at that wavelength (for example 25 %, 60 %, etc., up to 100 %), and then add these components together. If the totalled proportion exceeds 1 (100 %), then the hazard level exceeds the accessible emission limits for that Class. This procedure should also be used when determining the APR timing by using the MPE table instead of the AEL tables.

#### D.4.1.1 Multi-wavelength example

An optical transmission system using multimode fibre of 50 µm core diameter and a numerical aperture  $0,2 \pm 0,02$  carries six optical signals: at wavelengths of 840 nm, 870 nm, 1 290 nm, 1 300 nm, 1 310 nm and 1 320 nm. Each of these signals has a maximum time-averaged power of –8 dBm (0,16 mW). Determine the hazard level at the transmitter site.

In the absence of any other information concerning the transmitter emission duration when a connector is removed, assume that no shut-down system operates, and then determine the hazard level based on the power levels accessible at the transmitter connector (removing the connector is a reasonably foreseeable event).

Assess on the basis of  $t = 100$  s emission duration for unintended viewing (see 8.3 e) of IEC 60825-1).

Table 2 of IEC 60825-1 indicates that the effects of all wavelengths are additive. The evaluation must therefore be made on the basis of the ratio of the accessible emission at each wavelength to the AEL for the applicable class at that wavelength (see 8.3 b) of IEC 60825-1).

Note, however, that the AELs are constant in the wavelength range 1 200 nm to 1 400 nm; hence, the four signals in the vicinity of 1 300 nm may be considered as a single signal with a power level equal to the sum of powers in those signals.

First compare the emission levels with the AEL for Class 1:

Since we have a small source with 50 µm core diameter the angular subtense  $\alpha$  of the source is  $0,5 \text{ mrad} < \alpha_{\text{min}}$ .  $T_2 = 10$  s (see IEC 60825-1, notes to Tables 1 to 4) and  $T_2 < t$  (100 s, see above).

$$P_{\text{AEL}} = 3,9 \times 10^{-4} C_4 C_7 W$$

where

$$C_4 = 10^{0,002(\lambda - 700)} \text{ for } 840 \text{ nm and } 870 \text{ nm}$$

$$C_4 = 5 \text{ for wavelengths } > 1 \text{ 050 nm}$$

and

$$C_7 = 1 \text{ for } 840 \text{ nm and } 870 \text{ nm}$$

$$C_7 = 8 \text{ for wavelengths } > 1 \text{ 050 nm}$$

$$\text{hence } \text{AEL}_{840 \text{ nm}} = 0,74 \text{ mW}$$

$$\text{AEL}_{870 \text{ nm}} = 0,85 \text{ mW}$$

$$\text{AEL}_{1 \text{ 300 nm}} = 15,6 \text{ mW}$$

The measurement specifications given in 9.3 of IEC 60825-1 require the most restrictive condition in Table 11 of IEC 60825-1 to be applied. For a divergent beam from an optical fibre the most restrictive condition is 2. Using Table 11 of IEC 60825-1 as modified by clause 4.8.1 of this standard (IEC 60825-2), the aperture diameter is 7 mm and the measuring distance is 70 mm for thermal limits.

Using the expression for the diameter of the beam from an optical fibre, the diameter at the 63 % (1/e) points for the smallest NA fibre (worst case) is:

$$d_{63} = \frac{2r \text{ NA}}{1,7} = \frac{2 \times 70 \text{ mm} \times 0,18}{1,7} = 15,0 \text{ mm}$$

Thus, in this case, all of the fibre power would be collected by the 7 mm aperture, and no correction is needed.

Summing the ratios of the power at each wavelength to the corresponding AEL yields:

$$\sum \left[ \frac{(\text{Power})}{\text{AEL}} \right] = \frac{0,16}{0,74} + \frac{0,16}{0,85} + \frac{4 \times 0,16}{15,6} = 0,45$$

This ratio is less than 1; thus, the accessible emission is within Class 1 limits and so hazard level 1 applies at that location.

#### D.4.2 Bi-directional (full duplex) transmission

There is no additive effect from each separate direction of transmission, as each broken fibre cable end represents a separate hazard if the fibre breaks. The hazard level is determined by the transmission direction with the higher power.

#### D.4.3 Automatic power reduction

By using automatic power reduction in an end-to-end OFCS it is possible to assign a lower hazard level than would otherwise have been the case. This is important when the hazard level of the internal optical transmitters/amplifiers of a system may put a limitation on where that system may be deployed. See Annex B.

Automatic power reduction should not take the place of good working practices and proper servicing and maintenance. Also, the reliability of the APR mechanism should be taken into account when assessing the hazard level.

Assessment of the hazard level should take place at the time of reasonably foreseeable human access to radiation (for example after a fibre break), unless measurement at a later time would result in a larger exposure (see 4.8.1 and 4.8.2).

Automatic power reduction cannot be regarded as a universally protective measure because, after a fibre break, it is common practice to use an optical test set (usually an optical time domain reflectometer, OTDR) to determine the location of the break. This instrument launches laser power down the fibre under test. Therefore, even if the normal telecommunications transmitter is shut down or removed, the diagnostic instrument could, at a later time, apply laser power to the fibre.

These OTDRs typically operate at Class 1, so no potential hazard is present at such sources. However, higher power systems have a longer range and may require Class 1M, Class 3R or Class 3B OTDRs to detect the break. Also, OTDR signals may be amplified to a higher Class if sent through an optically amplified system.

Except for turnkey systems designed for use in unrestricted locations it is important that a laser safety professional or the OFCS operator decide for each location (or for the entire span of a network) the hazard level that should be permitted, consistent with the level of laser training provided to their staff and others who could access their network. Hazard level 1M or hazard level 3R are often chosen because workers would be instructed not to use any optical (collimating) instruments that would increase the hazard and typically they would have no need to examine the fibre at a close range. Hazard level 3B is acceptable in controlled locations with proper labelling and connector conditions.

This subclause will examine APR under several circumstances:

- in systems with optical amplifiers;
- on a readily accessible fibre in a splice tray;
- at a fibre optic connector;
- on a fibre not readily accessible in a submerged/buried cable;
- in restricted and unrestricted locations;
- in the case of ribbon cables.

For upper limit values of typical wavelengths see Clause D.3 and Table D.1.

#### **D.4.3.1 Optical amplifiers**

Optical amplifiers have the capability to generate significant levels of optical power. Powers of the order of  $\geq 500$  mW are not uncommon. This may result in a potential hazard without the use of protection mechanisms. For this reason it is important that a suitable means is employed for limiting such power levels when amplifiers are accessed for repair or maintenance. Consideration of appropriate mechanisms including, but not limited to, APR to reduce the hazard level and the use of shuttered connectors may be necessary.

#### **D.4.3.2 APR for distributed optical amplification systems**

APR for distributed optical amplification systems (e.g., Raman) is required not only on main signal sources but also on pump lasers. The response of such a distributed optical amplification system could have shorter time-periods than other (lower power) systems, depending on the actual pump power in the Raman amplification system of interest.

#### **D.4.3.3 Fibre in a splice tray**

As powers increase in an OFCS, it is important that splicing operations on potentially energized fibres of hazard level 3B take into consideration the safety of the operator, and a fully enclosed splicing system should be employed in such cases. If splicing is not to take place in a protective enclosure, automatic power reduction is an option for reducing the hazard level and, therefore, the exposure.

#### **D.4.3.4 Connectorised systems**

Another occurrence where access to energized fibre is reasonably foreseeable is when an energized system has one or several of its fibres disconnected at an optical connector.

A number of solutions exist to achieve a safer hazard level when disconnecting optical connectors. For example, one mechanical solution that can be considered is the use of shuttered connectors. Such a solution, provided the connectors meet the reliability characteristics outlined in Clause D.5, provides control of the exposure from unmated connectors. These shutters should operate within 1 s in unrestricted locations and 3 s in restricted and controlled locations. (It should be noted that shutters might not be practical or desirable for controlling optical power levels exceeding hazard levels 1M, 2M or 3R. In these situations, APR may be the only solution.)

#### D.4.3.5 Submerged/buried cable for undersea systems

Certain undersea systems have the potential to carry substantial optical power levels. Typically, damage to fibre cable is incurred on the submerged portion, not on the buried land portion. Because the fibre cable is submerged, an appropriate shipping vessel is necessary to retrieve the cable and repair it, which may take hours or days to accomplish. As automatic power reduction may not be appropriate or practical for these systems, rigorous administrative controls, including manual laser shutdown procedures, may need to be employed. This will ensure that proper working conditions are maintained below hazard level 4, as specified in this standard.

Manual shutdown of the system under repair/maintenance/service conditions is currently the practice for many operators because of the hazardous electrical power associated with the submerged cable. This electrical power is used to power the undersea repeaters along the route. In the future, for repeaterless systems, this electrical power may no longer be a part of the cable. However, the work practice to de-energize fibre before extraction should be continued and maintained because of the hazards of the associated optical power.

#### D.4.3.6 APR for restricted and unrestricted locations

OFCS designers need to be aware of the restrictions in 4.9 regarding restricted and unrestricted locations. For these locations the designers should consider the incorporation of APR into any system that has the potential to expose humans to optical power of Class 3B or above. Appropriate break detection and reliability precautions should be taken when designing this power down system.

#### D.4.3.7 APR for ribbon cables

The use of ribbon cables can place the OFCS in a more restrictive hazard level. A careful hazard assessment, as explained in D.4.5, should take place, and appropriate APR, shuttering and splicing considerations should be evaluated and implemented with respect to the potentially increased hazard level and the location of the OFCS.

### D.4.4 Multiple fibres

The hazard from bundles of broken (i.e. not cleaved) fibre within a broken fibre cable does not increase beyond that of the worst case fibre within that cable. This has been shown by a considerable number of measurements on broken fibre ends, consideration of reflection and scattering at fibre ends, and random alignment and movement of fibre ends.

These measurements and considerations have also been shown to apply to broken ribbon fibre, but not to ribbon fibre cleaved as a unit (see D.4.5).

### D.4.5 Ribbon cable

Ribbon fibre ends cleaved as a unit may exhibit a higher hazard level than that of a single fibre. An example would be eight fibres within a ribbon, each carrying a power level just within hazard level 1M. Individually, they are of a relatively safe 1M hazard level, but cleaved as an unseparated unit, the hazard level might become 3B, thus presenting a genuine eye risk. This results from the small centre-centre separation distances of typical ribbon fibre of 150  $\mu\text{m}$  to 250  $\mu\text{m}$ . The low angular separation of several equally spaced fibres leads to a cumulative effect. At the measurement distance of 100 mm, the  $\alpha$  of one single mode fibre is  $< \alpha_{\text{min}}$  for cw emission ( $\alpha_{\text{min}} = 1,5 \text{ mrad}$ , (see 8.3 c) of IEC 60825-1).

The angular subtense of the ribbon in its plane will depend on the number of fibres and their separation (for example an eight-fibre ribbon with fibres spaced at 200 µm will subtend 14 mrad at 100 mm). This subtense exceeds  $\alpha_{\min}$  and the ribbon is considered as an intermediate extended source and the point source AEL may be increased by factor  $C_6$ . Any angular dimension that is more than  $\alpha_{\max}$  ( $\alpha_{\max} = 100$  mrad) or less than  $\alpha_{\min}$  (1,5 mrad) should be limited to  $\alpha_{\max}$  or  $\alpha_{\min}$  respectively before determining the mean.

The total power permitted in the ribbon fibre is determined by the worst case combination of any individual fibres (for details see IEC 60825-1 classification rules for non-circular and multiple sources).

#### D.4.5.1 Ribbon fibre example calculation

The ribbon consists of eight equally spaced (by 200 µm) single mode fibres. What is the maximum allowed Class 1 cw output power per fibre for a wavelength of a) 1 310 nm and b) 1 550 nm?

Solution for a)

Evaluations should be made for every single fibre or assembly of fibres, necessary to assure that the source does not exceed the AEL for each possible angle  $\alpha$  subtended by each partial area, where  $\alpha_{\min} < \alpha \leq \alpha_{\max}$ . Table D.2 below shows the AEL per combination of fibres as well as the resulting maximum permitted power within one single fibre of the combination. The combination of two fibres represents the worst case. Therefore, the maximum power for one single fibre of the ribbon is 9,3 mW.

**Table D.2 – Relation between the number of fibres in a ribbon fibre and the maximum permitted power (example)**

Combination (No. of fibres)	1	2	3	4	5	6	7	8
$C_6$	1	1,2	1,9	2,5	3,2	3,9	4,5	5,2
$T_2$	10	10,07	10,31	10,55	10,8	11,06	11,32	11,59
AEL/mW	15,6	18,7	28,9	39	49	58,8	68,6	78,2
Resulting limit per fibre/mW	15,6	9,3	9,6	9,75	9,8	9,8	9,8	9,8

Solution for b)

At 1 550 nm, the hazard for the cornea dominates. Consequently, there is no correction factor  $C_6$ . The maximum power per fibre is simply the corresponding AEL for one source, divided by the number of fibres, i.e.  $10 \text{ mW}/8 = 1,25 \text{ mW}$ .

#### D.4.5.2 Ribbon fibre issues

The additive property of the radiation hazard from ribbon fibre sources, therefore, means that the hazard level of a location can depend on the choice of cable type. For instance it is impractical to switch off essential systems if they are designed for live maintenance and if the resulting hazard level at the location is not compatible with the location type. A solution will be required to reduce the hazard if ribbon fibres are to be used in this fibre network.

The solution may not be too difficult. As broken ribbon fibres do not present a problem, it is only the cleaving and splicing operations that require consideration. Separated ribbon, being no different from normal fibre, also does not present a problem.

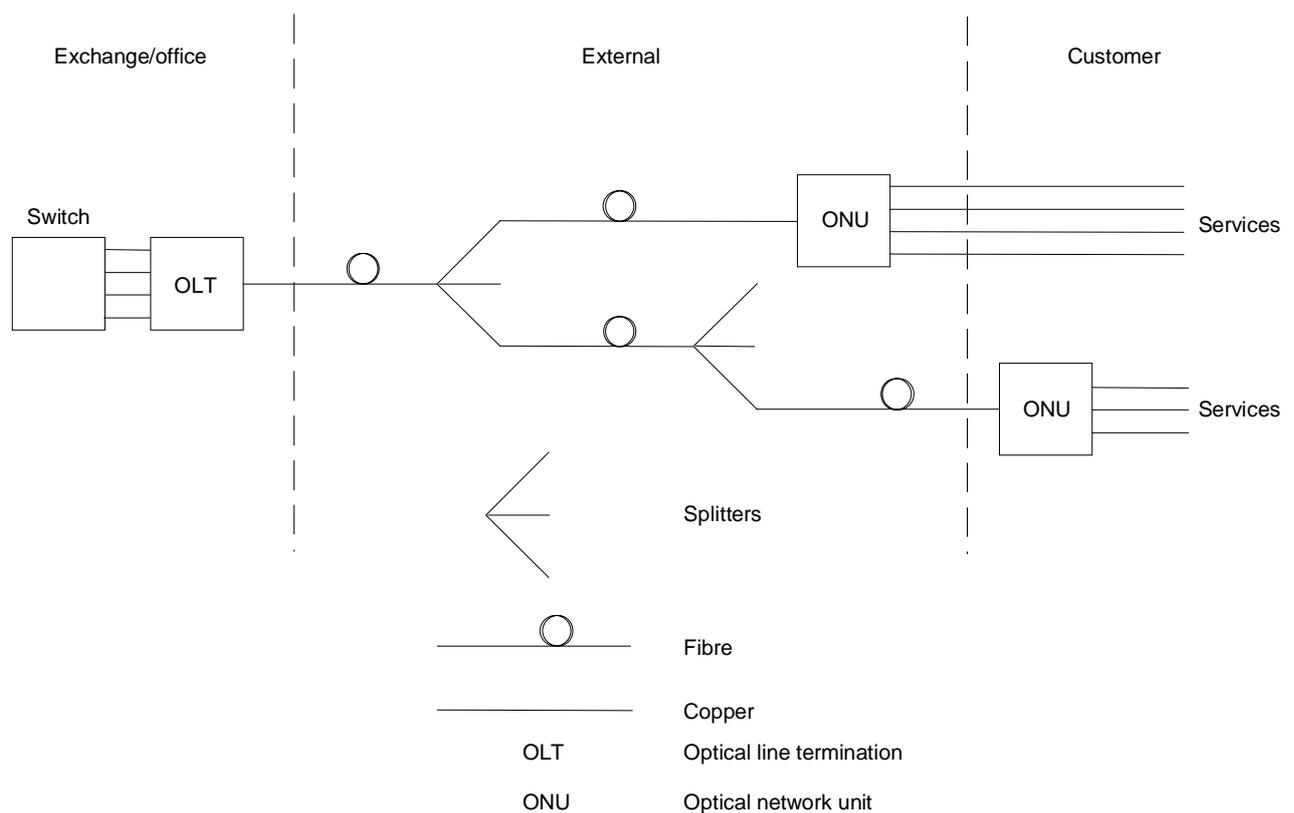
If access to unseparated cleaved fibre end can be assuredly prevented, then, as the hazard level relates to accessible emission limits, the hazard level may be prevented from increasing. Any method would have to prevent access under reasonably foreseeable circumstances (i.e. not just an instruction "not to look!"). A possibility might be to use a cleaving tool that stayed attached to the cleaved fibre end until it was inserted into a ribbon splicer that likewise prevented access during the whole operation.

Once ribbon fibre is used in the network, it will be difficult to control what type of system is put onto it.

#### D.4.6 Power diminution due to power splitters and fibre losses

This power diminution may be taken into account, for example at the customer side of a distribution network, the hazard level after some length of fibre may be lower than at the distribution point.

Figure D.1 shows the layout of a typical passive optical network (PON).



IEC 1054/05

**Figure D.1 – PON (passive optical network)-based system**

#### D.4.7 General considerations and examples

- a) The assessment of hazard levels should always consider reasonably foreseeable fault conditions (see 4.8.3) resulting from random failures in hardware components and systematic failures (e.g. failure of software controlling the APR function). Consequently, it may be necessary to include multiple fault conditions: a determination of the probability of such conditions occurring is to be conducted by the responsible organization.

NOTE Whereas IEC 60825-1 refers to single fault conditions, it may be reasonably foreseeable that more than one fault will combine to cause a dangerous situation.

- b) Service conditions may result in higher hazard levels (see 4.5.4). These should be considered by the responsible organization and persons. Examples are: introduction of high power or amplified optical time domain reflectometer pulses into an operating fibre network; failure or overriding of the APR (see 4.7.1e).
- c) Changing of components, system parameters or the network structure may result in changed hazard levels. Examples are: replacement of conventional bundled fibre cables by ribbon cables (this may be beyond the direct supervision of the network manager); change of the modulation scheme; change in transmitter circuit pack power or wavelength; addition/change of optical amplifiers, etc.

#### D.5 Fault analysis – Explanation and guidance

Fault analysis is necessary for systems where the optical output is dependent on the integrity of other components and the performance of the circuit design. It is recommended that the manufacturer or operator should carry out a fault analysis.

##### D.5.1 Definitions

For the purpose of this Clause D.5, the following definition applies.

##### **FITs**

an indicator of reliability defined as the number of failures per  $10^9$  h

##### D.5.2 Fault analysis

Hazard levels are assessed under reasonably foreseeable fault conditions. The purpose of fault analysis is to identify failures in the optical control circuits that could have significant consequences affecting the assigned hazard level. For example, it is permitted for the *lasers* used in locations with hazard level 1M to emit optical power exceeding the upper limit of hazard level 1M under normal operating conditions, if an adequate APR feature is provided. However, in case of a fibre break, the accessible radiation is reduced so that it is within the limits of hazard level 1M. If however a fault in a component in the laser drive circuit or in the APR were to result in radiation exceeding the limits for hazard level 1M, then a higher hazard level would have to be assigned.

An APR feature can comprise both hardware and software components: both components should be taken into account when determining the reliability of the APR feature.

##### D.5.3 Fault probability levels

No system is 100 % fail-safe since there is always a non-zero probability that failures will occur. To quantify the risk of exposure to hazardous radiation, OFCS should be subject to fault analysis using recognized techniques.

#### D.5.4 Commonly used fault analysis techniques

Commonly used fault analysis techniques are:

- simulation of those faults that could be expected under reasonably foreseeable conditions;
- failure modes effects and criticality analysis (FMECA, see IEC 60812 [1]);
- consequence analysis (see the IEC 61508 series of standards [5]).

#### D.5.5 Failure modes effects and criticality analysis

If the chosen method of fault analysis is failure modes effects and criticality analysis then the probability of exceeding the accessible emission limits (under reasonably foreseeable circumstances) for the target hazard level should not exceed 500 FITs. It is recommended that the manufacturer or operator should carry out a fault analysis.

NOTE On the basis of 500 FITs and the estimated amount of time an engineer works on live fibres throughout his working life, the incident rate for the risk of injury to the eye is less than five HITS. (HITS is the number of hazard incidents per  $10^9$  h. For example in the UK, the Health and Safety Executive considers an occupational risk of less than 5,43 HITS for accidents to be trivial.)

##### D.5.5.1 Example of FMECA analysis for a simple laser drive circuit

The purpose of the analysis is to provide a quantitative measure of the probability of the optical power exceeding Class 1M AEL. The following example illustrates one recommended method.

Consider the simple circuit in Figure D.2.

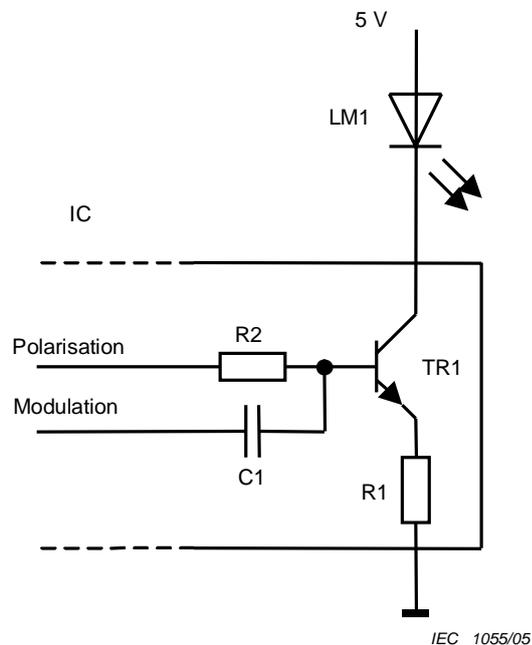


Figure D.2 – Simple laser drive circuit

**D.5.5.1.1 Step 1: identify critical components**

From circuit diagrams and parts lists, identify all the components likely to affect the *laser* module. Typically, these include mean power control circuitry, data modulator and threshold bias generator. Include automatic power reduction (APR) circuits in the analysis if the function of the APR is to achieve the intended classification, or if an APR component failure could cause a significant increase in the accessible power.

**D.5.5.1.2 Step 2: identify component failure modes**

Construct a table listing the components, their circuit identifier and their most likely failure modes as shown in Table D.3 below.

**Table D.3 – Identification of components and failure modes (example)**

Circuit ID	Component	Failure mode	Beta	Comments
LM1	Uncooled laser	Increase in output Decrease in output No output		
TR1	BFR 96 Mullard <500 mW NPN	Short circuit Open circuit		
R1	47R 2 % 0,25 W	Short circuit Open circuit Parameter drift		
R2	3K9 2 % 0,25 W	Short circuit Open circuit Parameter drift		
C1	0,47 µF 10 % 50 V	Short circuit Open circuit Parameter drift		

The US Department of Defense Reliability Analysis Center (RAC) publication [2] gives a list of likely failure modes. Include a column for comments and request an explanation of the likely outcome of the failure from the engineers consulted (see step 3).

**D.5.5.1.3 Step 3: determine beta values**

Circuit designers or repair engineers are the best people to consult for this task, since it requires a knowledge of how each component operates in the circuit.

Beta values depend on the criticality of the failure mode. A simple analysis assigns a probability figure to the beta value by considering just three categories, as illustrated in Table D.4.

**Table D.4 – Beta values (example)**

Does the failure mode cause the laser power to exceed Class 1M AEL?	Beta value
Yes	1
No	0
Maybe	0,5

The consulted engineers may be able to give better estimates for the beta values.

It is good practice to simulate fault conditions whenever possible.

#### D.5.5.1.4 Step 4: determine failure rates

The next step is to determine base failure rates for each component and apportion failure rates to failure modes. This information can be obtained from e.g. the following sources:

- data obtained by the analysis of in-service failures,
- BT Handbook of Reliability Data, HRD5 [3] (provides intrinsic failure rates for generic component types at the upper 60 % confidence limit),
- RAC publication [2] (lists the apportionment of failure rates to failure modes),
- Mil-HDBK 217 [17], and
- RAC publication NPRD [14].

For example, HRD5 lists the base failure rate ( $\lambda_{\text{base}}$ ) for a silicon small signal bipolar transistor as eight FITs, and the RAC publication lists the apportionment of failure modes ( $\alpha$ ) as 73 % for short circuits and 27 % for open circuits. Insert the values into the appropriate columns in the spreadsheet.

Determine the system failure rate by multiplying the columns horizontally and then add vertically. The overall failure rate represents the probability of the system exceeding the intended classification. This is illustrated in the following Table D.5.

**Table D.5 – Determination of failure rates (example)**

Circuit ID	Component	Failure mode	Beta	$\lambda_{\text{base}}$	$\alpha$	Product	Comments
LM1	Uncooled laser	Increase in output	1	500	0,05	25,0	May result from fibre movement
		Decrease in output	0	500	0,65	0	
		No output	0	500	0,30	0	Chip failure
TR1	BFR 96 Mullard <500 mW NPN	Short circuit	1	8	0,73	5,84	$I_{\text{laser}}$ limited by R1 (may still be safe, see below)
		Open circuit	0	8	0,27	0	
R1	47R 2 % 0,25 W	Short circuit	1	0,2	0,05	0,01	
		Open circuit	0	0,2	0,84	0	
		Parameter drift	0,5	0,2	0,11	0,01	
R2	3K9 2 % 0,25 W	Short circuit	1	0,2	0,05	0,01	
		Open circuit	0	0,2	0,84	0	
		Parameter drift	0,5	0,2	0,11	0,01	
C1	0,47 $\mu\text{F}$ 10 % 50 V	Short circuit	1	0,3	0,49	0,15	
		Open circuit	0	0,3	0,29	0	
		Parameter drift	0,5	0,3	0,22	0,03	
<b>Overall failure rate =</b>						31,06 FITs	

In this example (assuming 5 V power rail), the maximum laser current is limited by R1 to about 35 mA. This is unlikely to result in a 1,5 µm laser exceeding the Class 1M limit. In other cases, this is not always applicable, and reference should be made to the laser data sheet and individual component values.

In similar examples, where a component failure is significant only if accompanied by simultaneous independent failures in other components, a simple summation of FITs for these components may not be appropriate.

#### D.5.6 Consequence analysis

The IEC 61508 series of standards, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems* [5], is one example of a standards-based approach that can be used to quantify the reliability of automatic power reduction (APR) safety systems. In the scheme specified by IEC 61508-1, requirements for a safety-related control system are categorised into one of four safety integrity levels (SIL). Depending on the SIL, different requirements apply. According to IEC 61508-1, hardware random failures and systematic failures have to be taken into account.

- Hardware random failures can be calculated using reliability data.
- Systematic failures take into account the possibility of design failures, failures due to environmental stress or influence and operational failures.

NOTE 1 The following is the SIL definition from IEC 61508-1: Discrete level (one out of possible four) for specifying the safety integrity requirements of the safety functions to be allocated to the electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems, where safety integrity level 4 has the highest level of the safety integrity and safety integrity level 1 has the lowest.

NOTE 2 Where programmable electronic devices are used to control hazard levels it is recommended that the IEC 61508 series of standards should be applied. If the system is purely hardware it can be analysed using familiar techniques such as FMECA.

The standard provides several example methods how an “application sector”, like OFCS, could determine a recommended safety integrity level for specified product hazards. The following is a hypothetical and very conservative example of an approach for determining a SIL level. It is based on the “risk graph” method in Annex D of IEC 61508-5.

##### D.5.6.1 Example for consequence analysis

**Risk** (with no safety-related systems in place) is considered to be a function of the **frequency** of the hazardous event and the **consequences** of the event. For this example, a risk graph method is used to determine the SIL value. The figure below is the risk graph taken from one of the IEC 61508 standards.

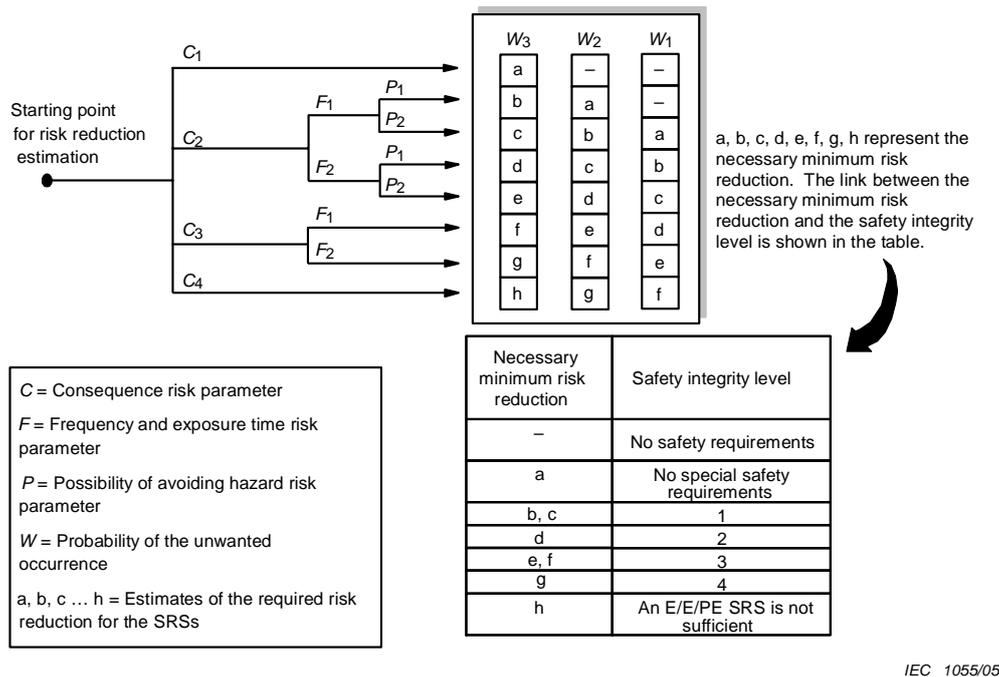


Figure D.3 – Risk graph example from IEC 61508-5 Clause D.5

**D.5.6.1.1 Step 1 – Consequence evaluation**

In the 61508 standard, four consequence levels are classified as shown in Table D.6 below. In the case of OFCS, for skin or eye damage, the consequence risk level could very conservatively be assigned  $C_2$ .

Table D.6 – Consequence classification from IEC 61508-5 Table D.1

Consequence Risk Level	Classification
$C_1$	Minor Injury
$C_2$	Serious permanent injury to one or more persons; death to one person
$C_3$	Death to several people
$C_4$	Very many people killed

**D.5.6.1.2 Step 2 – Frequency evaluation**

In the IEC 61508 series of standards, frequency and exposure time in the hazardous zone must be assessed and can be assigned one of two values as specified in Table D.7 below. A very conservative estimate for an OFCS example is an assignment of risk level  $F_2$ .

Table D.7 – Frequency classification from IEC 61508-5 Table D.1

Frequency of, and exposure time in, the hazardous zone – Risk Level	Classification
$F_1$	Rare to more often exposure in the hazardous zone
$F_2$	Frequent to permanent exposure in the hazardous zone

**D.5.6.1.3 Step 3 – Evaluation of the possibility of avoiding the hazard**

In the standard, the possibility of avoiding the hazardous event can be assigned one of two values as specified in Table D.8 below. In this example, an assignment of risk level  $P_1$  is made.

**Table D.8 – Possibility of avoiding hazard classification from IEC 61508-5 Table D.1**

Possibility of avoiding the hazardous event – Risk level	Classification
$P_1$	Possible under certain conditions
$P_2$	Almost impossible

**D.5.6.1.4 Step 4 – Evaluation of the probability of the hazardous event taking place without any safety-related systems**

The last assignment is the probability of the hazardous event taking place without any safety-related systems, i.e. probability of unwanted occurrence (see Table D.9 below). For this example the risk level range of  $W_1$ - $W_3$  is assigned.

**Table D.9 – Classification of the probability of the unwanted occurrence from IEC 61508-5 Table D.1**

Probability of the unwanted occurrence risk level	Classification
$W_1$	A very slight probability that the unwanted occurrences will come to pass and only a few unwanted occurrences are likely
$W_2$	A slight probability that the unwanted occurrences will come to pass and a few unwanted occurrences are likely
$W_3$	A relatively high probability that the unwanted occurrences will come to pass and frequent unwanted occurrences are likely

**D.5.6.1.5 Step 5 – Mapping onto the graph**

Mapping these parameters onto the risk graph (Figure D.3 above) yields, under the most conservative conditions, an assignment of a reliability level of SIL 1 for a skin or eye hazard. (The other methods described in the IEC 61508 series of standard also converge to SIL 1 using the same criteria.).

**D.5.6.1.6 Step 6 – Determination of the reliability of the APR system**

In the following steps only SIL 1 has been considered. For SIL levels other than 1, refer to the IEC 61508 series of standards. For these SIL levels hardware random failures, hardware fault tolerance and the safe failure fraction should be taken into account according to IEC 61508-2.

The SILs are presented as two sets of number ranges – one set for high demand mode and one set for low demand mode for the safety device. After installation, optical fibre systems are seldom disturbed in any fashion that would unintentionally break or open the optical path. Therefore, there would be a very infrequent need for the automatic power reduction (APR) system to shut down or reduce the optical power. In the terminology of the IEC 61508 series, the APR would operate in a “low demand mode” (see definitions in Table D.10 below).

NOTE For example, mean time between failures for optical fibre cables have been determined to be in the range of 2 years to greater than 160 years. See Tables 1 and 2 in Cochrane and Heatley [18].

**Table D.10 – Modes of operation – Definitions from IEC 61508-4, 3.5.12**

Term	Definition
Mode of operation	Way in which a safety-related system is intended to be used, with respect to the frequency of demands made upon it, which may be either:
Low demand mode	where the frequency of demands for operation made on a safety-related system is no greater than one per year and no greater than twice the proof-test frequency; or
High demand or continuous mode	where the frequency of demands for operation made on a safety-related system is greater than one per year or greater than twice the proof-check frequency.
NOTE 1 High demand or continuous mode covers those safety-related systems which implement continuous control to maintain functional safety (e.g. a pressure regulator valve).	

For a SIL Level 1 system the target failure rate for a hazardous situation is between  $10^{-1}$  and  $10^{-2}$ . This target failure rate can be achieved by several solutions. Examples include APR, mechanical solutions and external risk reduction.

In this example, APR is chosen and the probability that APR fails to reduce the power should be less than 0,1 (see Table D.11).

**Table D.11 – SIL values from 7.6.2.9 of IEC 61508-1**

Safety integrity level	Low demand mode of operation (Average probability of failure to perform its design function on demand)
4	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$
3	$\geq 10^{-4}$ to $< 10^{-3}$
2	$\geq 10^{-3}$ to $< 10^{-2}$
1	$\geq 10^{-2}$ to $< 10^{-1}$

Concerning random hardware failures the SIL level or probability of failure of an automatic power reduction system is the APR unavailability. If the APR is continually monitored with alarms to alert to a malfunction of the APR or periodically tested, this unavailability is determined by both the APR equipment reliability and the operator repair time (mean time to repair or MTTR) in the event of an APR failure. Equipment reliability is often expressed as FIT rate (failures in  $10^9$  hours). Consider the following equation:

$$SIL\ level = APR\ unavailability = \frac{FIT\ rate \times MTTR}{10^9} \quad (D.1)$$

$$\text{thus } FIT\ rate = \frac{SIL\ level}{MTTR} \times 10^9$$

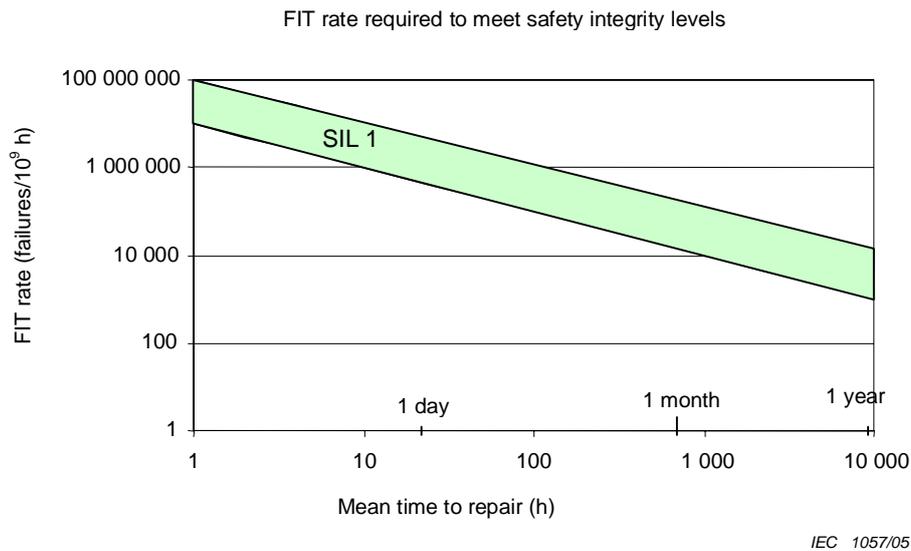
where

*SIL level* is failures/demand,

*MTTR* is mean time to repair in hours and

$10^9$  is the conversion from failure rate in failures/hour and FITs in failures/ $10^9$  hours.

The following figure D.4 shows the relationship between FIT rate and mean time to repair a failed safety system. The range for SIL level 1 safety systems has been highlighted.



**Figure D.4 – Graph of FIT rate and mean time to repair**

#### D.5.6.1.7 Step 7 – Reducing the risk from systematic failures

For SIL 1, IEC 61508-2 and IEC 61508-3 highly recommend at least the following methods to reduce systematic failures:

- a) program sequence monitoring, e.g. watchdog, logical monitoring of program sequence, temporal monitoring with online check;
- b) software design using structured methods, e.g. JSD, MASCOT, SADT, Yourdon;
- c) measures against voltage breakdown, voltage variations, overvoltage, low voltage;
- d) separation of electrical energy lines from information lines;
- e) increase of interference immunity;
- f) measures against the physical environment, e.g. temperature, humidity, water, vibration, dust, corrosive substances;
- g) measures against temperature increase, e.g. temperature sensor, fan control, thermal fuse, temperature alarm, forced air cooling and status indication;
- h) spatial separation of multiple lines carrying duplicated signals;
- i) modification protection, e.g. plausibility check of signals or detection by automatic start-up tests.

For further information and details to the above mentioned methods see IEC 61508 [5], Parts 2 and 3.

#### D.5.6.1.8 Fit rate determination

The reliability of the APR system is a continuum that is dependent on the responsible use and maintenance of these systems. For APR functions with a very low FIT rate there is no maintenance of the APR function needed if the product is taken out of service within the specified lifetime of the APR function. For all other systems the APR unavailability, and consequently the FIT rate, is dependent on the possibility that any failure of the APR can be detected and the operator alerted in a reasonable time for repair, as well as the responsiveness of the operator to respond to any alarms that would indicate a failure in the APR.

Since equipment manufacturers do not have control over the maintenance of their systems, it may be useful to propose specific FIT rates – rather than the combination of SILs and mean time to repair (Figure D.4). Manufacturers are likely to supply APR systems that either 1) have frequent or continuous diagnostic testing (proof testing) or 2) are not tested or monitored. For continuous diagnostic testing, monitoring, and alarming it is likely that a failure in optical fibre communications systems would be repaired within one day, therefore MTTR = 24 hours. Systems that do not test the safety-related systems may operate unattended for long periods, but sometimes these systems are likely to be upgraded, repaired, tested or replaced every couple of years. Therefore, the mean time to repair can sometimes be considered to be ( $10^4$  h), or MTTR =  $10^4$  h, which is in the order of one year.

**Table D.12 – Determination of equipment monitoring classification**

Diagnostic testing and monitoring of safety-related system	Classification	Mean time to repair
M <sub>1</sub>	Frequent or continuous diagnostic testing and monitoring performed on the safety-related system	1 day (24 h)
M <sub>2</sub>	No monitoring, but frequent diagnostic testing	1 year ( $10^4$ h)
M <sub>3</sub>	No monitoring and no testing; system is taken out of service before the specified end of life of the APR	20 years ( $2 \times 10^5$ h)

With this information, the FIT rate can now be determined. As an example, consider a communication system operating at 1 550 nm where the optical power under normal operation (no fault detected) exceeds Class 1M but is below the upper limit of Class 3B. Let us say that we wish to enable the OFCS to operate in an unrestricted location. To facilitate this it is necessary for the radiation accessible under reasonably foreseeable fault conditions to be limited to hazard level 1, and, given the Class of laser emitter, an APR system is needed. The maximum permitted FIT rate should be assigned as the upper limit of a SIL 1 level system. From Equation (D.1) and Figure D.4 above, it can be seen that the minimum requirement (i.e. the maximum acceptable FIT rate) would be  $4 \times 10^6$  FITs for a continuously diagnosed system with a mean time to repair (MTTR) of 24 h,  $10^4$  FITs for a system with a MTTR of 1 year, and 500 FITs for a system without continuous diagnostics.

FIT rate specifications can similarly be determined for other consequence risk levels (see the IEC 61508 series).

**Table D.13 – FIT rates from example above**

Safety integrity level	Consequence	FIT Rate		
		M <sub>1</sub> (Continuous diagnostics)	M <sub>2</sub> (Frequent testing)	M <sub>3</sub> (No monitoring)
SIL 1	Serious permanent injury to one or more persons; death to one person – e.g. retinal damage, small fire (C <sub>2</sub> )	$<4 \times 10^6$	$<10^4$	$<500$

## D.6 Suggested working practices

The following working practices may be regarded as examples of good practice, and are recommended when working with OFCS. Different working practices may apply in different circumstances.

### D.6.1 General working practices

The following working practices may be regarded as good practice when working on an OFCS:

Viewing fibre	Do not stare with unprotected eyes or with any unapproved collimating device at the fibre ends or connector faces, or point them at other people.
Viewing aids	Use only approved filtered or attenuating viewing aids.
Fibre ends (single or multiple)	Any single or multiple fibre end(s) found not to be terminated (for example, matched, spliced) should be individually or collectively covered with material appropriate for the wavelength and power when not being worked on. They should not be readily visible and sharp ends should not be exposed.  Suitable methods for covering include the use of a splice protector or tape. Always attach end caps to unmated connectors.
Ribbon fibres	Do not cleave ribbon fibres as an unseparated ribbon, or use ribbon splicers, unless authorized.
Test cords	When using optical test cords, the optical power source should be the last to be connected and the first to be disconnected.
Fibre off-cuts	Collect all fibre off-cuts and dispose of them in an approved container. The container itself should be disposed of in an approved manner.
Maintenance	Follow only approved instructions for operating and maintaining the system being worked on.
Cleaning	Use only approved methods for cleaning and preparing optical fibres and optical connectors.
Modification	Do not make any unauthorized modifications to any OFCS or associated equipment.
Board extenders	Board extenders should not be used on optical transmitter cards. Do not power optical sources when they are outside transmitter racks.
Label damage	Report damaged or missing optical safety labels to line management.
Key control	For equipment with key control, the keys should be placed under the control of a person appointed by management who should ensure their safe use, storage and overall control. Spare keys should be retained under strict control procedures by a nominated line manager.
Test Equipment	Use test equipment of the lowest class necessary and practical for the task. Do not use test equipment of a higher class than the location hazard level.
Signs	Area warning signs are required for locations exceeding hazard level 1M. Area signs may be displayed in locations of lower classification.
Alarms	System alarms, especially those indicating that the APR or any other safety system is inoperable, should be responded to so that repair takes place within specified time.

### D.6.2 Live working practices for hazard levels 1, 1M, 2, 2M and 3R

When working on live/energized systems (e.g. when optical signals are being transmitted along the fibre of an OFCS) it is recommended that the working practices listed in D.6.1 be used.

### D.6.3 Working practices for hazard level 3B

Working on an energized system (sometimes referred to as 'live working') in locations with hazard level 3B allocated is not recommended.

Responsible and adequate OFCS safety and training programmes should be established and maintained by management. Personnel engaged in the installation and servicing of OFCS should observe all rules, and report to management any potentially unsafe conditions or abnormal exposures to optical radiation.

If working on energized systems in locations with hazard level 3B is not permitted (as described above), then the following working practices should be used:

- all general practices defined in D.6.1;
- the equipment generating the optical radiation should be de-energized, thereby de-energizing the OFCS (as detailed in D.6.4);
- check that there is no optical power in the fibre by using an approved optical power meter capable of withstanding the highest power transmitted in the system without damage;
- cover the ends of all exposed fibres not being worked on. Always ensure unmated connectors are appropriately attenuated, using the in-built connector shutter mechanism or an end cap;
- use only indirect viewing aids (for example televised or shadow imaging splicing machines). Do not use microscopes or eye loupes without authorization;
- when using optical test cords, the optical power source should be the last to be connected and the first to be disconnected.

#### **D.6.4 Formal power-down and power-up procedure for hazard level 3B**

When de-energizing an OFCS (if working on energized systems is not permitted), the following procedure should be adopted.

- a) A nominated person at an optical power source should:
  - have been trained to an appropriate level on the type of equipment which has to be switched on and off;
  - be conversant with the instructions and safety requirements relating to the previous paragraph and with any additional local instructions and circumstances;
  - have a responsible attitude to safety.
- b) Nominated persons should be appointed by line management and be notified of their appointment.
- c) A list of nominated persons at each installation should be recorded and prominently displayed.
- d) Before starting work, the person authorized to carry out the work (the originator) should:
  - contact a nominated person at the appropriate optical power source and request that the power on the relevant fibres be switched off;
  - on duplex systems, a nominated person should be contacted at each end;
  - on being informed that the power has been switched off, complete the necessary forms, which should be retained by the originator. These forms need not be completed if the originator and the nominated person are one and the same;
  - verify (with an energized/live fibre identifier or optical power meter) that the power is off;
  - on completion of the work, inform a nominated person at the appropriate optical power source(s).

- e) On receipt of a request from an originator to switch off an optical power source, the nominated person should:
- record the time and date of the request and the details of the originator. Forms should be kept on file at the location of the optical source;
  - switch off the appropriate power source (with key control, if fitted);
  - complete the warning label and affix it to the appropriate station equipment at the point of disconnection, for example equipment rack, distribution frame; a label should be attached for each originator;
  - contact the originator and give him the job number and the time that the source was switched off;
  - on being informed that the work has been completed, record the details appropriately and remove the warning label from the equipment before re-energizing the source. When more than one originator requires the same power source to be switched off, the source should not be re-energized before all work is completed.

### D.7 Maximum output power during shutdown

Table D.14 lists the maximum output power (mW), during the shutdown time, for single mode OFCS which shut down to lower hazard level limits in 1 s for unrestricted locations and 3 s for restricted and controlled locations (see 4.8.2). Engineering requirements as outlined in Annex B should be employed as appropriate to that lower hazard level.

The equation used to derive Table D.14 was:

$$NOHD = \frac{\omega_0 \pi d}{2\sqrt{2} \lambda} \times \frac{1}{\sqrt{\ln \left( \frac{P}{P - \frac{\pi d^2 MPE}{4t}} \right)}}$$

An alternative form of this equation is:

$$P = \frac{\pi d^2 MPE}{4t} \times \frac{1}{1 - \exp \left[ -0,125 \left( \frac{\pi \omega_0 d}{\lambda NOHD} \right)^2 \right]}$$

where

- $\omega_0$  is the mode field diameter ( $1/e^2$  power density) (m);
- $P$  is the total power in fibre (W);
- $d$  is the limiting aperture diameter (m);
- $MPE$  is the maximum permissible exposure ( $Jm^{-2}$ );
- $NOHD$  is the nominal ocular hazard distance (m);
- $t$  is the shutdown time (s);
- $\lambda$  is the wavelength (m).

**Table D.14 – Examples of power limits for optical fibre communication systems having automatic power reduction to reduce emissions to a lower hazard level**

Wavelength nm	Fibre mode field diameter $\mu\text{m}$	Maximum power output unrestricted mW	Maximum power output restricted mW	Maximum power output controlled mW	Shutdown times s	Measurement distance m
980	7	9,4	9,4	–	1	0,1
980	7	N/A	7,2	–	3	0,1
980	7	N/A	–	39	3	0,25
1 310	11	78	78	–	1	0,1
1 310	11	N/A	59	–	3	0,1
1 310	11	N/A	–	314	3	0,25
1 400 ... 1 500	11	1 598	1 598	–	0,3	0,1
1 400 ... 1 500	11	650	650	–	1	0,1
1 400 ... 1 500	11	N/A	389	–	2	0,1
1 400 ... 1 500	11	N/A	288	–	3	0,1
1 400 ... 1 500	11	N/A	–	2 403	2	0,25
1 400 ... 1 500	11	N/A	–	1 774	3	0,25
1 550	11	2 539	2 539	–	0,5	0,1
1 550	11	1 273	1 273	–	1	0,1
1 550	11	N/A	639	–	2	0,1
1 550	11	N/A	428	–	3	0,1
1 550	11	N/A	–	2 640	3	0,25

NOTE 1 The fibre parameters used are the most conservative case. Listed figures for  $\lambda = 1\ 310\ \text{nm} \dots 1\ 550\ \text{nm}$  are calculated for a fibre of 11 microns mode field diameter (MFD) and those for  $\lambda = 980\ \text{nm}$  are for 7 microns MFD.

Many systems operating at 1 550 nm with the use of erbium doped fibre amplifiers (EDFAs) pumped by 1 480 nm or 980 nm lasers use transmission fibres with smaller MFDs. For example, 1 550 nm dispersion shifted fibre cables have upper limit values of MFD of 9,1 microns. In this case, the maximum power outputs for unrestricted and restricted areas at 1 480 nm and 1 550 nm are 1,44 times the values in Table D.14, and those for controlled areas at 1 480 nm and 1 550 nm are 1,46 times the values in same table.

NOTE 2 Times given in the table are examples; shutdown at any shorter time than the maximum is permissible, and may permit the use of higher powers (the maximum times are 1 s for unrestricted locations and 3s for restricted and controlled locations, respectively.)

## **Annex E** (informative)

### **Guidance for service and maintenance**

#### **E.1 Tests and measurements**

**E.1.1** Tests, measurements and operations in cable ducts and switching centres should be considered as service or maintenance operations. Wherever possible, diagnostic tests should be carried out in such a way as not to increase the hazard level at any location. It may be necessary to have administrative controls which, in some cases, may involve a permit to work system. When connecting test equipment, due regard should be given to establishing the actual power levels introduced into the system in assessing the hazard.

**E.1.2** The operating organization should develop and maintain clearly defined conditions under which the automatic power reduction feature can be overridden.

When the automatic power reduction feature has been overridden, the hazard level should be reassessed by the operating organization. The appropriate safety precautions described in 4.5 and its associated subclauses should be taken as appropriate to the reassessed hazard level.

**E.1.3** Any viewing optics for fibre examination and splicing should be selected so that they reduce exposure to below the relevant maximum permissible exposure (MPE) and should be approved for use by the operating organization.

NOTE The marking of approved viewing optics with a label by the operating organization may be an acceptable solution.

**E.1.4** Wherever reasonably practical, servicing, maintenance and repair should be carried out with no power propagating in the fibre. Where this is not reasonably practicable, the system should be operated at the lowest power consistent with the functional need.

**E.1.5** The operating organization should establish work practices preventing human exposure to radiation in excess of the relevant MPE.

#### **E.2 Safety precautions**

##### **E.2.1 General remarks**

**E.2.1.1** In locations where, during service or maintenance, optical or laser radiation above the MPE levels may be encountered (e.g. during switching, in controlled locations), appropriate eye protection should be provided.

**E.2.1.2** Before working on any optical fibre cable or system, the end-user should check the hazard level at accessible locations. In the case of systems that are installed and activated, the hazard level should be identified at accessible locations by warning labels. Precautions appropriate to the hazard level should be taken on systems that are known to be, or could become, operational. During installation, hazard level labels may not have been provided yet and, in their absence, precautions appropriate to the classification of any transmitters or test equipment containing optical sources connected to the fibre should be used.

**E.2.1.3** During the installation or testing of an optical fibre cable or network it is recommended that only test equipment having an output designated hazard level 1, 1M, 2 or 2M per IEC 60825-2 or Class 1, 1M, 2 or 2M per IEC 60825-1 be used.

For optical fibre communications systems located in a restricted location or a controlled location it is possible to use test equipment with higher optical output powers, providing the

accessible fibre ends and connectors at all locations are secured and labelled with the appropriate hazard level before testing proceeds.

**E.2.1.4** Entry points to controlled areas with a hazard level of 3B should have:

- a sign bearing the warning label according to Figure 1 in IEC 60825-1 and the explanatory label of Figure 2 of IEC 60825-1 bearing the words "Hazard level 3B";
- a sign limiting access to authorized persons only and explaining the existence of a potential hazard.

**E.2.1.5** Each person engaged in the operation, installation or service of an OFCS should:

- observe all rules, procedures and practices established for the safe operation of OFCS;
- immediately notify the supervisor of conditions or practices that have the potential to cause personnel injury or property damage;
- immediately report to the supervisor any known or suspected abnormal exposure to optical radiation.

## **E.2.2 Precautions in locations with hazard levels 1M, 2M, 3R and 3B**

**E.2.2.1** Where possible, optical transmission or test equipment should be shut down, put into a low-power state or disconnected before any work is done on exposed fibres, connectors etc. In that case, unintentional switching on should be prevented by a remote control switch or another suitable method. The status of the line (power on or off) should be clearly indicated.

**E.2.2.2** Persons having access to any energized fibre end or connector end should be instructed not to view such points directly. Under all circumstances, only those viewing aids which provide the appropriate level of attenuation should be used.

**E.2.2.3** Only staff who have attended an optical fibre safety training course should be permitted to work on OFCS in a location with hazard level 3B.

**E.2.2.4** Staff installing, operating or maintaining OFCS and any associated test equipment in locations with hazard level 3B should ensure that untrained personnel are adequately protected.

**E.2.2.5** It is possible that high loss points in the system could suffer from high temperatures when extremely high power levels (hundreds of mW to several W) are injected into the fibre.

NOTE An example of such a system is one that uses distributed Raman amplification technology.

The high temperature may lead to dangerous situations in equipment and offices. Therefore, in systems that normally transmit extremely high power the following action is recommended: connectors should be cleaned very carefully so that the loss induced by connectors, splices or bending at any point is reduced as far as possible.

## **E.2.3 Training programme**

The employer of staff installing or maintaining OFCS should establish and maintain an adequate programme for the control of fibre optic hazards. Safety and training programmes should be instituted for staff working on fibre optic communication systems with a hazard level of 3B. Such programmes should be directed by individuals competent in the field of laser and OFCS safety. The programmes should provide, as a minimum:

- background information on OFCS;
- safety information concerning the laser classification system and hazard levels.

## **Annex F** (informative)

### **Clarification of the meaning of “hazard level”**

In this annex, the difference between “laser class” defined in IEC 60825-1 and “hazard level”, defined in IEC 60825-2 is further clarified.

#### **F.1 Class**

The word “class” refers to a scheme by which, based on emission levels, a product or internal emitter can be grouped with respect to its safety. These levels are described in the accessible emission limit tables in IEC 60825-1. Classes range from Class 1, which is safe under reasonably foreseeable conditions, to Class 4, which is potentially the most hazardous case. In IEC 60825-1, the classification of products is based on reasonably foreseeable operating conditions including single fault conditions.

#### **F.2 Hazard level**

“Hazard level” is a term used in this standard which refers to the potential hazard from laser emissions at any location in an end-to-end fibre optic communication system that may be accessible during use or maintenance or in the event of a failure or fibre disconnection. The assessment of the hazard level uses the class accessible emission limit tables described in IEC 60825-1. The assessment of hazard level is described in 4.8.1. The assessment can be an actual measurement or be based upon calculation of emitting powers and known time constants.

Annex A of this standard gives the following additional clarification: “A whole OFCS will not be classified in the same way as required by IEC 60825-1. This is because, under intended operation, the optical radiation is totally enclosed and it can be argued that a rigorous interpretation of IEC 60825-1 would give a Class 1 allocation to all systems, which may not reflect the potential hazard accurately.” Based upon this statement, a complete OFCS can be regarded as a Class 1 laser product because, under normal conditions, the emissions are completely enclosed (like a laser printer) and no light should be emitting outside the protective housing. It is not until the fibre becomes broken or an optical connector is unplugged that someone might be exposed to a level of optical radiation which is potentially hazardous (if the internal emitters or amplifier outputs are of high enough power).

Therefore, for each optical output port, the hazard level must be assessed. The hazard level limits are dependent on the “dominant” wavelength range, taking into consideration that IEC 60825-1 defines different limits for different wavelength ranges. Details can be found in IEC 60825-1. Furthermore, this standard allows the use of automatic power reduction (APR) techniques to achieve a lower (less hazardous) hazard level based on the normal power in the fibre and the speed of automatic power reduction.

#### **F.3 Rationale to definitions 3.1, 3.4 to 3.11 and to Clause 4**

Large portions of OFCS can sometimes be classed as “not accessible under reasonably foreseeable conditions”.

#### **F.4 Rationale to 4.8.1 and 4.8.2**

The philosophy of these subclauses is based on assumptions that already exist in Parts 1 and 2 of IEC 60825.

The clause requires that the MPE not be exceeded if any person is exposed to radiation emerging from the port or fracture from the instant of break or disconnection. The power is assumed to remain constant at its maximum value until the shutdown time has expired.

a) *Unrestricted locations:*

The 1 s shutdown for unrestricted areas is consistent with 4.8.1 of IEC 60825-2, which states that "...the assessment of the hazard level shall take place 1 s after the reasonably foreseeable event...". The 100 mm distance is consistent with Table 11 of IEC 60825-1. Even if a fibre is intentionally cut, it is highly unlikely that, within 1 s, a person can get within 100 mm and position collimating optics be adversely exposed. Also, one must keep in mind that optical signals are attenuated as they move down the fibre, so the output at the failure in the unrestricted area may be considerably lower than at the transmitter or amplifier.

b) *Restricted locations:*

The 3 s shutdown for restricted areas is also consistent with 4.8.1, if one assumes that any failure of the system within a restricted area would be of an accidental nature and the 3 s limit for shutdown would be an acceptable time period "after the reasonably foreseeable event". It is also highly unlikely that, in this time period, a person can get within 100 mm and position collimating optics be adversely exposed. One must also keep in mind that optical signals are attenuated as they move down the fibre, so the output at the failure in the restricted area may be considerably lower than at the transmitter or amplifier.

c) *Controlled locations:*

Persons working in locations with controlled access must have received adequate training in laser safety, which should include an understanding that viewing a broken fibre should not be undertaken unless the system has been properly inactivated.

#### **Rationale to Clause D.5**

Annex D is informative. The use of the term "recommended" may be incorrectly construed as forbidding the use of alternative methods of analysis. The method of fault analysis and the adoption of a suitable safety level is the prerogative of the user.

## Bibliography

- [1] IEC 60812, *Analysis techniques for system reliability – Procedures for failure mode and effects analysis (FMEA)*
- [2] *Failure Mode/Mechanism Distributions 1991*, FMD-91. Reliability Analysis Center, US Dept of Defense, 1991. [Prepared by: Reliability Analysis Center, PO Box 4700, Rome NY]
- [3] *BT Handbook of Reliability Data for Components Used in Telecommunications Systems*, 1995, Issue 5 [Copies available from: ILI Index House, Ascot, Berkshire SL5 7EU]
- [4] UKAS Document NIS 20: *Uncertainties of Measurement for Electrical Product Testing* Draft 2, Jan 1992
- [5] IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*
- [6] IEC 60794-1-1, *Optical fibre cables – Part 1-1: Generic specification – General*
- [7] IEC 60794-1-2, *Optical fibre cables – Part 1-2: Generic specification – Basic optical cable test procedures*
- [8] IEC 60794-2, *Optical fibre cables – Part 2: Indoor cables – Sectional specification*
- [9] IEC 60794-3, *Optical fibre cables – Part 3: Sectional specification – Outdoor cables*
- [10] IEC 60794-4-1, *Optical fibre cables – Part 4-1: Aerial optical cables for high-voltage power lines*
- [11] IEC 60794-3-10, *Optical fibre cables – Part 3-10: Outdoor cables – Family specification for duct and directly buried optical telecommunication cables*
- [12] IEC 60794-3-20, *Optical fibre cables – Part 3-20: Outdoor cables – Family specification for optical self-supporting aerial telecommunication cables*
- [13] IEC 60950-1:2001, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*
- [14] *Nonelectronic parts reliability data 1995*, NPRD-95. Reliability Analysis Center (US Dept of Defense, 1995. [Prepared by Reliability Analysis Center, PO Box 4700, Rome NY]
- [15] ITU-T Recommendation G.664, *Optical safety procedures and requirements for optical transport systems*
- [16] IEC 60825-12, *Safety of laser products – Part 12: Safety of free space optical communication systems used for transmission of information*
- [17] MIL-HDBK-217F, *Reliability Prediction Of Electronic Equipment*
- [18] COCHRANE, P. and HEATLEY, DJT. Reliability Aspects of Optical Fibre Systems & Networks. *BTTJ Special Issue on Future Telecommunication Systems & Networks*, No. 2, April 1994, Vol 12, pp. 77-92,  
[also found at: <http://innovate.bt.com/people/heatledj/papers/reliability/reliability>]
- [19] IEC/TR 60825-14, *Safety of laser products – Part 14: A user's guide*



## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	56
1 Domaine d'application et objet .....	58
2 Références normatives.....	59
3 Termes et définitions .....	59
4 Exigences.....	62
4.1 Généralités.....	62
4.2 Capot de protection du STFO .....	63
4.3 Câbles à fibres optiques .....	63
4.4 Connecteurs de câbles .....	63
4.5 Réduction automatique de puissance (RAP) et impulsions de redémarrage.....	64
4.6 Etiquetage ou marquage.....	66
4.7 Exigences concernant les organismes.....	71
4.8 Evaluation du niveau de risque.....	72
4.9 Exigences de niveau de risque par type de zone .....	74
Annexe A (informative) Justifications .....	75
Annexe B (informative) Résumé des exigences pour les zones à l'intérieur d'un STFO .....	77
Annexe C (informative) Méthodes d'analyse du risque/de la sécurité .....	78
Annexe D (informative) Notes d'application pour l'utilisation en toute sécurité des.....	48
Annexe E (informative) Lignes directrices pour les réglages ou l'entretien et la maintenance.....	105
Annexe F (informative) Clarification de la signification du terme «Niveau de Risque laser».....	108
Bibliographie.....	110
Figure D.1 – Système basé sur un ROP (passive optical network – réseau optique passif)...	89
Figure D.2 – Circuit simple d'excitation d'un laser .....	91
Figure D.3 – Exemple de Graphe de Risque tiré de la CEI 61508-5 Article D.5 .....	95
Figure D.4 – Graphe du taux FIT et de la moyenne des temps entre réparations.....	98
Tableau 1 – Marquage dans les zones à accès non limité.....	67
Tableau 2 – Marquage dans les zones à accès limité .....	68
Tableau 3 – Marquage dans les zones à accès contrôlé .....	69
Tableau D.1 – Limites de puissance d'un STFO pour des fibres uni-modales (SM) de 11 µm et multi-modales (MM) d'ouverture numérique 0,18 (diamètre du cœur < 150 µm) .....	82
Tableau D.2 – Relation entre le nombre de fibres dans un câble ruban et la puissance maximale autorisée (exemple).....	88
Tableau D.3 – Identification des composants et des modes de défaillance (exemple) .....	92
Tableau D.4 – Valeurs Bêta (exemple).....	92

Tableau D.5 – Détermination des taux de défaillance (exemple).....	93
Tableau D.6 – Classification des conséquences d'après la CEI 61508-5 Tableau D.1 .....	95
Tableau D.7 – Classification de la fréquence d'après la CEI 61508-5 Tableau D.1 .....	96
Tableau D.8 – Classification de la possibilité d'éviter un risque d'après la CEI 61508-5 Tableau D.1 .....	96
Tableau D.9 – Classification de la probabilité d'occurrence non souhaitée d'après la CEI 61508-5 Tableau D.1 .....	96
Tableau D.10 – Modes de fonctionnement – Définitions tirées de la CEI 61508-4, point 3.5.12 .....	97
Tableau D.11 – Valeurs SIL tirées de la CEI 61508-1 (paragraphe 7.6.2.9) .....	97
Tableau D.12 – Détermination de la classification de la surveillance d'un équipement .....	99
Tableau D.13 – Taux FIT de l'exemple ci-dessus .....	100
Tableau D.14 – Exemples de limites de puissance pour un système de télécommunication par fibres optiques ayant une réduction automatique de puissance pour réduire les émissions à un niveau de risque plus faible .....	104

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### SÉCURITÉ DES APPAREILS À LASER –

#### Partie 2: Sécurité des systèmes de télécommunication par fibres optiques (STFO)

#### 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 60825-2 a été établie par le Comité d'Etudes 76 de la CEI: Sécurité des rayonnements optiques et matériels laser.

La présente version consolidée de la CEI 60825-2 comprend la troisième édition (2004) [documents 76/288/FDIS et 76/293/RVD], son amendement 1 (2006) [documents 76/346/FDIS et 76/353/RVD] et son amendement 2 (2010) [documents 76/409/CDV et 76/419/RVC].

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à ses amendements; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 3.2.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par les amendements 1 et 2.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

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

La Norme CEI 60825 comprend les parties suivantes, sous le titre général *Sécurité des appareils à laser*.

- Partie 1: Classification des matériels, prescriptions et guide de l'utilisateur
- Partie 2: Sécurité des systèmes de télécommunication par fibres optiques (OFCS)
- Partie 3: Guide pour les manifestations et spectacles utilisant des lasers
- Partie 4: Barrières laser
- Partie 5: Liste de contrôle du fabricant relative à la CEI 60825-1
  
- Partie 8: Guidelines for the safe use of laser beams on humans (en anglais uniquement)
- Partie 9: Exposition maximale admissible au rayonnement lumineux incohérent
- Partie 10: Guide d'application et notes explicatives concernant la CEI 60825
- Partie 12: Sécurité des systèmes de communications optiques en espace libre utilisés pour la transmission d'informations
  
- Partie 13: Measurements for classification of laser products (en anglais uniquement)
- Partie 14: Guide de l'utilisateur

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

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

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

## SÉCURITÉ DES APPAREILS À LASER –

### Partie 2: Sécurité des systèmes de télécommunication par fibres optiques (STFO)

#### 1 Domaine d'application et objet

La présente Partie 2 de la CEI 60825 donne des exigences et des directives spécifiques pour l'exploitation et la maintenance en toute sécurité des systèmes de télécommunication par fibres optiques (STFO. OFCS en Anglais). Dans ces systèmes, la puissance optique peut être accessible en dehors des confinements des équipements d'émission ou à grande distance de la source optique.

Cette Partie 2 nécessite l'évaluation des niveaux de risque dans les zones accessibles en remplacement de la classification selon la CEI 60825-1. Elle s'applique à l'intégralité du STFO complet tel qu'il est installé, y compris à ses composants et à ses sous-ensembles qui génèrent ou amplifient le rayonnement optique. Les composants individuels et les sous-ensembles qui sont vendus aux seuls vendeurs OEM en vue de leur incorporation dans un STFO complet installé n'ont pas besoin d'être évalués selon cette norme dans la mesure où le STFO devrait l'être lui-même.

NOTE 1 Les indications ci-dessus ne sont pas destinées à dissuader les fabricants de ces composants et sous-ensembles d'utiliser cette norme s'ils le souhaitent, ou s'ils y sont tenus par un contrat.

Cette norme ne s'applique pas aux systèmes à fibres optiques conçus initialement pour émettre une puissance optique pour des applications telles que le traitement des matériaux ou les traitements médicaux.

En plus des risques provenant du rayonnement laser, un STFO peut aussi susciter d'autres risques, tel qu'un risque d'incendie.

Cette norme n'aborde pas les questions de sécurité liées aux explosions ou au feu, dans le cas d'un STFO déployé en atmosphère explosive.

Dans toute cette partie de la CEI 60825, la référence au terme 'Laser' est à interpréter comme incluant les diodes électroluminescentes (DEL) et les amplificateurs optiques.

NOTE 2 Le risque optique que représente la lumière provenant d'une fibre est déterminé par la longueur d'onde et la puissance de la fibre et par les caractéristiques optiques de cette fibre. (Voir Annexe A).

L'objectif de cette Partie 2 de la CEI 60825 est de:

- protéger les personnes contre le rayonnement optique provenant d'un STFO.
- fournir des exigences à l'usage des fabricants, des organismes d'installation, d'entretien et d'exploitation, dans le but d'établir des procédures et de fournir des informations, de telle sorte que des précautions appropriées puissent être prises;
- garantir que des mises en garde adaptées, concernant les risques potentiels liés au STFO, sont données aux individus par le biais d'une signalisation, d'étiquettes et d'instructions.

L'Annexe A donne une justification plus détaillée de cette partie de la CEI 60825.

La sécurité d'un STFO dépend en grande partie des caractéristiques des équipements qui le constituent. Selon les caractéristiques des équipements, il peut être nécessaire d'inscrire les informations de sécurité appropriées sur l'appareil ou de les inclure dans les instructions d'utilisation.

Lorsque cela est rendu nécessaire par le niveau du risque potentiel, la responsabilité du déploiement et de l'utilisation en toute sécurité de ces systèmes incombe à l'installateur ou à l'utilisateur final/à l'organisme d'exploitation ou aux deux. Cette norme fait porter à l'organisme d'installation et aux organismes d'entretien la responsabilité du respect des instructions de sécurité au cours de l'installation et des opérations d'entretien, selon le cas et à l'utilisateur final ainsi qu'à l'organisme d'exploitation la responsabilité du respect des instructions de sécurité d'exploitation et de maintenance. Il est reconnu que l'utilisateur de cette norme peut entrer dans une ou plusieurs des catégories mentionnées ci-dessus, fabricant, organisme d'installation, utilisateur final ou organisme d'exploitation.

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée est applicable. Pour les références non datées, c'est l'édition la plus récente du document référencé (y compris tous ses amendements) qui s'applique.

CEI 60825-1:2007, *Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels et exigences*

## 3 Termes et définitions

Dans le cadre de ce document, les termes et les définitions fournis dans la CEI 60825-1 ainsi que ceux qui suivent s'appliquent.

### 3.1 zone accessible

toute partie ou zone d'un STFO pour laquelle, à la suite d'événements raisonnablement prévisibles, l'accès de personnes à un rayonnement laser est possible sans utiliser d'outils

### 3.2 réduction automatique de puissance RAP

(automatic power reduction – APR)

fonction d'un STFO par laquelle la puissance accessible est réduite à un niveau spécifié dans un temps spécifié, chaque fois qu'un événement pourrait avoir comme conséquence d'exposer des personnes au rayonnement, par exemple en cas de rupture d'un câble à fibres optiques

NOTE Le terme «réduction automatique de puissance (RAP)» utilisé dans cette norme englobe les termes suivants utilisés par les recommandations de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT):

- coupure automatique du laser (automatic laser shutdown – ALS);
- réduction automatique de puissance (automatic power reduction – RAP);
- coupure automatique de puissance (automatic power shutdown – APSD);

### 3.3 utilisateur final

personne ou organisme qui utilise le STFO de la manière pour laquelle il a été conçu

NOTE 1 L'utilisateur final ne contrôle pas nécessairement la puissance générée et transmise dans le système.

NOTE 2 Si la personne ou l'organisme utilise le STFO pour une application de télécommunications d'une manière autre que celle pour laquelle il a été conçu par le fabricant, alors cette personne ou cet organisme assume les responsabilités d'un fabricant ou d'un organisme d'installation.

### 3.4

#### niveau de risque

risque potentiel dans toute zone accessible d'un STFO. Il est basé sur le niveau du rayonnement optique qui pourrait devenir accessible en cas d'événement raisonnablement prévisible, par exemple une rupture de câble de fibres optiques. Il est étroitement lié à la procédure de classification des lasers de la CEI 60825-1

### 3.5

#### niveau de risque 1

le niveau de risque 1 est affecté à toute zone accessible d'un STFO pour laquelle, à la suite d'un événement raisonnablement prévisible, l'accès de personne(s) à un rayonnement laser dépassant les limites d'émission accessible (LEA) de la Classe 1, pour les longueurs d'onde et les durées d'émission applicables, n'aura pas lieu. Le niveau de rayonnement est mesuré avec les conditions pour les appareils à laser de Classe 1 (voir CEI 60825-1), mais la condition 2 étant telle qu'elle est définie en 4.8.1 de la présente norme (CEI 60825-2)

### 3.6

#### niveau de risque 1M

le niveau de risque 1M est affecté à toute zone accessible d'un STFO pour laquelle, à la suite d'un événement raisonnablement prévisible, l'accès de personne(s) à un rayonnement laser dépassant les limites d'émission accessible (LEA) de la Classe 1, pour les longueurs d'onde et les durées d'émission applicables, n'aura pas lieu. Le niveau de rayonnement est mesuré avec les conditions pour les appareils à laser de Classe 1M (voir CEI 60825-1), mais la condition 2 étant telle qu'elle est définie en 4.8.1 de la présente norme (CEI 60825-2)

NOTE Si la limite applicable du niveau de risque 1M est supérieure à la limite du 2 ou du 3R et inférieure à la limite du 3B, c'est le niveau de risque 1M qui est considéré.

### 3.7

#### niveau de risque 2

le niveau de risque 2 est affecté à toute zone accessible d'un STFO pour laquelle, à la suite d'un événement raisonnablement prévisible, l'accès de personne(s) à un rayonnement laser dépassant les limites d'émission accessible de la Classe 2, pour les longueurs d'onde et les durées d'émission applicables, n'aura pas lieu. Le niveau de rayonnement est mesuré avec les conditions pour les appareils à laser de Classe 2 (voir CEI 60825-1), mais la condition 2 étant telle qu'elle est définie en 4.8.1 de la présente norme (CEI 60825-2)

NOTE Si la limite applicable du niveau de risque 1M est supérieure à la limite du 2 et inférieure à la limite du 3B, c'est le niveau de risque 1M qui est considéré.

### 3.8

#### niveau de risque 2M

le niveau de risque 2M est affecté à toute zone accessible d'un STFO pour laquelle, à la suite d'un événement raisonnablement prévisible, l'accès de personnes à un rayonnement laser dépassant les limites d'émission accessible de la Classe 2, pour les longueurs d'onde et les durées d'émission applicables, n'aura pas lieu. Le niveau de rayonnement est mesuré avec les conditions pour les appareils à laser de Classe 2M (voir CEI 60825-1), mais la condition 2 étant telle qu'elle est définie en 4.8.1 de la présente norme (CEI 60825-2)

NOTE Si la limite applicable du niveau de risque 2M est supérieure à la limite du 3R et inférieure à la limite du 3B, c'est le niveau de risque 2M qui est considéré.

### 3.9

#### niveau de risque 3R

le niveau de risque 3R est affecté à toute zone accessible d'un STFO pour laquelle, à la suite d'un événement raisonnablement prévisible, l'accès de personne(s) à un rayonnement laser dépassant les limites d'émission accessible de la Classe 3R, pour les longueurs d'onde et les durées d'émission applicables, n'aura pas lieu. Le niveau de rayonnement est mesuré avec les conditions pour les appareils à laser de Classe 3R (voir CEI 60825-1), mais la condition 2 étant telle qu'elle est définie en 4.8.1 de la présente norme (CEI 60825-2)

NOTE Si la limite applicable du niveau de risque 1M ou 2M est supérieure à la limite du 3R et inférieure à la limite du 3B, c'est le niveau de risque 1M ou 2M qui est considéré.

### 3.10

#### **niveau de risque 3B**

le niveau de risque 3B est affecté à toute zone accessible d'un STFO pour laquelle, à la suite d'un événement raisonnablement prévisible, l'accès de personne(s) à un rayonnement laser dépassant les limites d'émission accessible de la Classe 3B, pour les longueurs d'onde et les durées d'émission applicables, n'aura pas lieu. Le niveau de rayonnement est mesuré avec les conditions pour les appareils à laser de Classe 3B (voir CEI 60825-1), mais la condition 2 étant telle qu'elle est définie en 4.8.1 de la présente norme (CEI 60825-2)

### 3.11

#### **niveau de risque 4**

le niveau de risque 4 est affecté à toute zone accessible d'un STFO pour laquelle, à la suite d'un événement raisonnablement prévisible, l'accès de personnes à un rayonnement laser dépassant les limites d'émission accessible de la Classe 3B, pour les longueurs d'onde et les durées d'émission applicables, peut avoir lieu. Le niveau de rayonnement est mesuré avec les conditions pour les appareils à laser de Classe 3B (voir CEI 60825-1), mais la condition 2 étant telle qu'elle est définie en 4.8.1 de la présente norme (CEI 60825-2)

NOTE Cette norme est applicable pour l'exploitation et la maintenance d'un STFO. Afin d'atteindre un niveau de sécurité satisfaisant pour les personnes qui peuvent entrer en contact avec le trajet de transmission optique, le niveau de risque 4 n'est pas autorisé dans cette norme. Il est admis d'utiliser des dispositifs de protection, tels que la réduction automatique de puissance, pour atteindre le niveau de risque exigé, lorsque la puissance transmise dans des conditions normales d'exploitation (par exemple, absence de défaut sur le trajet de la fibre) dépasse celle autorisée pour un type de zone particulier. Par exemple, il est possible que des parties accessibles d'un STFO soient de niveau de risque 1 bien que la puissance transmise dans la fibre, dans des conditions normales d'exploitation, soit de Classe 4.

### 3.12

#### **organisme d'installation**

organisme ou individu qui est responsable de l'installation d'un STFO

### 3.13

#### **zone à accès contrôlé; zone contrôlée**

zone accessible dans laquelle il existe un moyen de contrôle technique ou administratif qui la rend inaccessible, excepté au personnel autorisé ayant une formation appropriée à la sécurité laser

NOTE Voir les exemples donnés en D.2.1 a).

### 3.14

#### **zone à accès limité; zone limitée**

zone accessible qui est normalement rendue inaccessible au grand public du fait d'un moyen de contrôle administratif ou technique, mais qui est accessible au personnel autorisé, qui peut ne pas avoir de formation à la sécurité laser

NOTE Voir les exemples donnés en D.2.1 b).

### 3.15

#### **zone à accès non limité; zone non limitée**

zone accessible où il n'existe aucune disposition limitant l'accès du grand public

NOTE Voir les exemples donnés en D.2.1 c).

### 3.16

#### **fabricant**

organisme ou individu qui assemble des dispositifs optiques et d'autres composants afin de construire ou de modifier un STFO

### 3.17

#### **organisme d'exploitation**

organisme ou individu qui est responsable de l'exploitation d'un STFO

### 3.18

#### **système de télécommunications par fibres optiques (STFO)**

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 transmission est assurée au moyen de fibres optiques, dans un but de communication et/ou de commande

### 3.19

#### **événement raisonnablement prévisible**

événement dont la survenue, dans des circonstances données, peut être prévue assez précisément, et dont la probabilité de réalisation ou la fréquence n'est ni faible, ni très faible

NOTE Les événements suivants pourraient être des exemples d'événements raisonnablement prévisibles: rupture d'un câble à fibres optiques, déconnexion d'un connecteur optique, erreur ou inattention d'un opérateur dans l'application des règles de travail en sécurité.

Une utilisation inconsidérée ou une utilisation complètement inappropriée n'est pas considérée comme étant un événement raisonnablement prévisible.

### 3.20

#### **organisme d'entretien**

organisme ou individu qui est responsable de l'entretien d'un STFO

### 3.21

#### **sous-ensemble**

toute unité discrète, tout sous-système, tout élément de réseau ou tout module d'un STFO qui contient un émetteur ou un amplificateur optique

## 4 Exigences

### 4.1 Généralités

Cette section définit les restrictions qui sont à mettre en place pour un STFO et pour les types de zones dans lesquelles celui-ci peut fonctionner, en fonction du risque qui résulte du rayonnement optique devenant accessible à la suite d'un événement raisonnablement prévisible. Chaque fois qu'une ou plusieurs modifications sont effectuées sur un STFO, l'organisme responsable de cette modification doit déterminer si chacune des modifications est susceptible d'affecter ou non le niveau de risque. Si le niveau de risque a changé, l'organisme responsable de la ou des modifications doit re-définir l'étiquetage des zones du système qui sont accessibles, afin de conserver la conformité à cette norme.

Chaque zone accessible d'un STFO doit être évaluée séparément pour déterminer le niveau de risque la concernant. Dans le cas où plusieurs systèmes de télécommunications coexisteraient dans une zone, le niveau de risque pour cette zone doit être le plus élevé des niveaux présentés par chacun de ces systèmes. En s'appuyant sur le niveau de risque qui a été déterminé, des mesures appropriées doivent être prises pour garantir la conformité à cette norme. Ces mesures pourraient, par exemple, impliquer une restriction d'accès à la zone ou la mise en œuvre de dispositifs de sécurité ou une nouvelle conception du système de communication optique, pour réduire le niveau de risque.

Les fournisseurs de composants actifs et de sous-ensembles, en conformité avec cette norme, ne comprenant pas de STFO, n'ont à satisfaire qu'aux parties applicables de l'Article 4.

Un STFO qui transmet également de l'énergie électrique, doit satisfaire aux exigences de cette norme, en plus de celles de toute norme électrique applicable.

NOTE Lors de la détermination du niveau de risque, deux caractéristiques seront prises en considération.

1) Quelle est l'exposition maximale permise (EMP) ? Le niveau de l'exposition sera déterminé dans une zone où il est raisonnablement prévisible qu'une personne puisse être exposée au rayonnement provenant du STFO. Le temps nécessaire au fonctionnement du dispositif RAP (le cas échéant) est inclus lors de la détermination de l'EMP. Si le STFO ne comporte pas de dispositif RAP, le fait de satisfaire aux exigences indiquées dans la Note 2 ci-dessous sera considéré comme satisfaisant de fait aux exigences de cette Note 1, sans autre investigation ou essai. Les exigences sont décrites en 4.8.2.

2) Quelle est la puissance maximale autorisée à laquelle le STFO peut fonctionner, lorsqu'un événement raisonnablement prévisible (telle que la rupture d'une fibre) rend le rayonnement accessible? Cette valeur maximale de puissance pourrait être inférieure à la puissance normale de fonctionnement dans la fibre en raison de l'activation du dispositif RAP. Les exigences sont décrites en 4.8.1.

## 4.2 Capot de protection du STFO

Chaque STFO doit posséder un capot de protection, qui, lorsqu'il est en place, empêche l'accès des personnes à un rayonnement laser dépassant les limites du niveau de risque 1, dans les conditions normales d'exploitation.

## 4.3 Câbles à fibres optiques

Si le risque potentiel dans toute zone accessible d'un STFO est de niveau 1M, 2M, 3R ou 3B, le câble à fibres optiques doit avoir des propriétés mécaniques adaptées à son emplacement physique. Les câbles pour différents emplacements physiques sont décrits dans la série CEI 60794. Si cela est nécessaire, une protection complémentaire, par exemple mise sous fourreau, conduit ou chemin de câbles, peut être requise pour des emplacements où la fibre serait, sinon, susceptible d'être endommagée.

## 4.4 Connecteurs de câbles

Les exigences suivantes pour les connecteurs de câbles peuvent être satisfaites par la conception mécanique des connecteurs ou par le positionnement du connecteur ou par tout autre moyen approprié. Quel que soit le moyen choisi, l'accès des personnes à un rayonnement supérieur à celui autorisé pour les connecteurs situés dans un type particulier de zone, doit être empêché.

NOTE L'utilisation d'un outil pour désaccoupler le connecteur est un exemple de solution mécanique.

### 4.4.1 Zones à accès non limité

Dans les zones à accès non limité, si le niveau du rayonnement accessible dépasse

- le niveau de risque 2 dans le domaine des longueurs d'onde de 400 nm à 700 nm, ou
- le niveau de risque 1 pour tous les autres domaines de longueurs d'onde,

des moyens appropriés doivent alors limiter l'accès au rayonnement provenant du connecteur.

NOTE Dans une zone à accès non limité, les niveaux de risque autorisés les plus élevés sont de niveau de risque 2M, pour le domaine des longueurs d'onde de 400 nm à 700 nm, et le niveau de risque 1M, pour tous les autres domaines de longueurs d'onde (voir 4.9.1).

### 4.4.2 Zones à accès limité

Dans les zones à accès limité, si le niveau du rayonnement accessible dépasse

- le niveau de risque 2M dans le domaine des longueurs d'onde de 400 nm à 700 nm, ou
- le niveau de risque 1M pour tous les autres domaines de longueurs d'onde,

des moyens appropriés doivent alors limiter l'accès au rayonnement provenant du connecteur.

NOTE Dans une zone à accès limité, le plus haut niveau de risque autorisé est le niveau de risque 1M, 2M ou 3R, le plus élevé étant retenu (voir 4.9.2).

#### 4.4.3 Zones à accès contrôlé

Dans les zones à accès contrôlé, si le niveau du rayonnement accessible dépasse

- le niveau de risque 2M dans le domaine des longueurs d'onde de 400 nm à 700 nm, ou
- le niveau de risque 1M pour tous les autres domaines de longueurs d'onde,

des moyens appropriés doivent alors limiter l'accès au rayonnement provenant du connecteur.

NOTE Dans une zone contrôlée, le plus haut niveau de risque autorisé est le niveau de risque 3B (voir 4.9.3).

#### 4.5 Réduction automatique de puissance (RAP) et impulsions de redémarrage

Si l'équipement utilise un dispositif de réduction automatique de puissance (RAP) pour réduire son niveau de risque assigné, alors il ne doit être remis en marche qu'avec les restrictions décrites dans les trois scénarii suivants. En outre, le dispositif RAP doit être conçu pour avoir un niveau de fiabilité adapté (voir la Note 1).

NOTE 1 Des exemples de calculs de la fiabilité des dispositifs RAP sont donnés en D.5.

NOTE 2 L'intervalle de redémarrage décrit dans les scénarii suivants dépend de la longueur d'onde, comme cela est décrit dans la CEI 60825-1.

##### 4.5.1 Redémarrage automatique

Dans le cas où le redémarrage est initialisé automatiquement, le réglage et la puissance de ce processus doivent être limités de manière que le niveau de risque assigné à chaque zone accessible du système ne soit pas dépassé.

##### 4.5.2 Redémarrage manuel sans interruption

Dans le cas où le redémarrage est initialisé manuellement et où la continuité du trajet des communications est assurée par l'utilisation de moyens de contrôles administratifs ou par d'autres moyens, le rythme et la puissance de ce processus ne sont pas limités (voir Note 3). Les instructions du fabricant doivent spécifier que les moyens de contrôle administratif (ou d'autres moyens) doivent tenir compte du fait que le niveau de risque assigné à toute zone accessible peut être dépassé pendant cette procédure de redémarrage.

NOTE 3 Puisque dans ce cas, le rythme et la puissance du processus de redémarrage ne sont pas limités, les contrôles administratifs ou autres, devront prendre en considération toute augmentation du risque lié à de nouveaux dangers (tel que le risque d'incendie). Il est important que ces contrôles supplémentaires soient documentés dans des instructions d'entretien appropriées.

##### 4.5.3 Redémarrage manuel sans assurance de continuité

Dans le cas où le redémarrage serait initialisé manuellement et où la continuité du trajet des communications ne serait pas assurée, le rythme et la puissance de ce processus de redémarrage doivent être limités de manière que le niveau de risque assigné à chaque zone accessible du système ne soit pas dépassé.

##### 4.5.4 Désactivation du RAP

Si un redémarrage manuel du système désactive temporairement le dispositif RAP, le système doit indiquer que ce dispositif n'est pas fonctionnel pendant la durée de la réinitialisation, de sorte que l'organisme d'exploitation puisse prendre des précautions appropriées. Si ces conditions ne sont pas satisfaites, le niveau de risque doit être assigné en utilisant le niveau de puissance d'émission antérieur à la RAP.

La désactivation du mécanisme RAP ne doit pas être autorisée pour les puissances d'émission des Classes 3B et 4, sauf si toutes les conditions suivantes sont satisfaites:

- 1) une telle désactivation n'est nécessaire que pour des cas peu fréquents, lors de l'installation du système et de son réglage/entretien;
  - 2) une telle désactivation ne peut être faite que par l'intermédiaire de commandes logicielles ou par un système manuel de verrouillage à clé;
  - 3) si la désactivation est faite par l'intermédiaire de commandes logicielles, un système de sécurité empêchant la désactivation par inadvertance du mécanisme RAP doit être incorporé au logiciel;
  - 4) un tel logiciel comprend un indicateur avertissant que le dispositif RAP sera désactivé si la procédure est poursuivie;
  - 5) le fonctionnement continu du STFO assurant le trafic, le RAP étant désactivé, doit être inhibé par des moyens techniques appropriés;
  - 6) des instructions précises relatives à l'utilisation en toute sécurité des équipements avec un dispositif RAP désactivé sont incorporées à la documentation.
  - 7) il ne doit pas être possible de désactiver les mécanismes RAP de manière permanente – les mécanismes RAP doivent se réactiver automatiquement (voir aussi note 3);
  - 8) il doit être uniquement possible de désactiver les mécanismes RAP au niveau de l'équipement d'émission (c'est-à-dire qu'une désactivation à distance des mécanismes RAP n'est normalement pas autorisée) sauf en communication directe avec les personnes (se trouvant éventuellement à distance) susceptibles d'être exposées à des niveaux de rayonnement supérieurs à ceux émis avant la désactivation du mécanisme RAP.
- NOTE 1 Il convient de prendre en compte le fait que les systèmes Raman peuvent aussi émettre des puissances élevées à partir de l'extrémité de réception.
- 9) un avertissement clair et sans ambiguïté doit être affiché de manière continue tant que le mécanisme RAP reste désactivé;
  - 10) démarrage ou re-démarrage manuel de systèmes à forte puissance avec mécanisme RAP désactivé

Il est reconnu que les systèmes qui utilisent des puissances optiques élevées (de par leur nature intrinsèque) doivent utiliser des puissances élevées pour assurer la continuité – sinon, aucun signal ne sera reçu à l'extrémité éloignée. Par conséquent, il est autorisé d'utiliser des puissances élevées (classe 4) au démarrage initial du système, sous réserve que l'opération soit réalisée par des personnes formées dans des conditions définies.

Tous les efforts doivent être entrepris pour assurer la continuité du système (c'est-à-dire essais de continuité OTDR à partir des deux extrémités du système) et pour s'assurer que le personnel n'est pas exposé à des rayonnements de Classe 3B ou 4. Ceci peut aussi être réalisé par des contrôles administratifs rigoureux.

NOTE 2 Sauf indication contraire explicite, cette norme n'autorise pas le fonctionnement d'un STFO de bout en bout, si une zone accessible de ce système est de niveau de risque 4. Si la puissance émise par un émetteur, par un amplificateur, etc. était de Classe 4 avec le dispositif RAP désactivé, il en résulterait alors des zones accessibles soumises au niveau de risque 4. Néanmoins, il est manifeste qu'il peut être nécessaire de désactiver le dispositif RAP dans certaines conditions, mais il est nécessaire que ces conditions soient bien contrôlées et limitées dans le temps, de sorte que la probabilité d'exposition à un rayonnement de Classe 4 soit très faible.

NOTE 3 Concernant la condition 5), un exemple «de moyen technique approprié» est un dispositif de commande qui réactive automatiquement le dispositif RAP, dès que cela est réalisable, après un laps de temps suffisant pour permettre de terminer toute tâche, quelle qu'elle soit, ayant entraîné la désactivation initiale du dispositif RAP.

NOTE 4 Une heure semble être un délai adapté, au-delà duquel il convient que le mécanisme RAP se réactive.

## 4.6 Etiquetage ou marquage

### 4.6.1 Exigences générales

Lorsque cela est exigé par le présent paragraphe, chaque connecteur optique, boîte à épissures ou toute autre pièce émettant un rayonnement une fois ouvert, doit être marqué (par exemple, avec une étiquette, un manchon, un repère, une bande, etc.), si le niveau de risque dans la zone est supérieur au niveau de risque 1. Les informations doivent comporter les informations données aux Tableaux 1, 2, ou 3, en fonction de leur applicabilité.

Dans le cas où le rayonnement accessible aux points de déconnexion est de niveau de risque 1, ou de niveau de risque 1M, il est permis de fournir les informations ci-dessus sous forme d'informations pour l'utilisateur au lieu d'un marquage sur le produit.

Les marquages doivent être de couleur noire sur fond jaune. Il est permis que les étiquettes reproduites dans la documentation fournie par le fabricant ou par l'organisme d'exploitation utilisent le noir sur fond blanc.

La réduction de la taille des inscriptions est acceptable, à condition que le résultat soit lisible. Pour les sous-ensembles contenant des lasers ou des amplificateurs optiques, il est de la responsabilité du fabricant du sous-ensemble de fournir cet étiquetage; tout autre étiquetage est de la responsabilité de l'organisme d'exploitation.

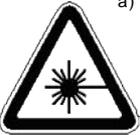
A l'exception de ce qui est permis ci-après, chaque connecteur optique, boîte à épissures ou toute autre pièce qui, une fois ouverte, est destinée à permettre l'accès à un rayonnement optique, doit être marqué (par exemple, avec une étiquette, un manchon, un repère, une bande, etc.), conformément aux Tableaux 1, 2 ou 3, en fonction de leur applicabilité.

En plus du marquage exigé par la présente norme, certains sous-ensembles peuvent devoir être marqués en raison de leur application autonome, dépendante de la CEI 60825-1, et dans de tels cas, le choix est laissé au fabricant du STFO de compléter le marquage exigé par la CEI 60825-1 ou de le remplacer par le marquage exigé par la présente norme.

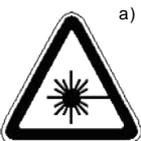
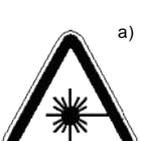
**Tableau 1 – Marquage dans les zones à accès non limité**

Niveau de risque accessible	Marquage exigé – Zone à accès non limité
1	Pas de marquage exigé
1M	Pas de marquage exigé <sup>a)</sup>
2	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">  <p>b)</p> </div> <div style="border: 3px double black; border-radius: 15px; padding: 10px; flex-grow: 1;"> <p style="text-align: center;"><b>ATTENTION</b></p> <p style="text-align: center;">NIVEAU DE RISQUE DE RAYONNEMENT <sup>d)</sup> LASER <sup>c)</sup> 2</p> <p style="text-align: center;">NE PAS REGARDER DANS LE FAISCEAU</p> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p>e)</p> </div> </div>
2M	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">  <p>b)</p> </div> <div style="border: 3px double black; border-radius: 15px; padding: 10px; flex-grow: 1;"> <p style="text-align: center;"><b>ATTENTION</b></p> <p style="text-align: center;">NIVEAU DE RISQUE DE RAYONNEMENT <sup>d)</sup> LASER <sup>c)</sup> 2M</p> <p style="text-align: center;">NE PAS REGARDER DANS LE FAISCEAU NI OBSERVER DIRECTEMENT SANS INSTRUMENTS OPTIQUES NON ATTENUANTS</p> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p>e)</p> </div> </div>
3R	Pas autorisé
3B	Pas autorisé
NOTE Voir 4.6.5 en ce qui concerne les risques liés aux faisceaux laser invisibles.	
<p>Conditions applicables au tableau ci-dessus:</p> <p>a Le paragraphe 4.4.1 exige qu'un accès au rayonnement à partir d'un connecteur soit limité au niveau de risque 1 par des moyens appropriés et que la conception mécanique des câbles de fibres optiques soit conforme à la norme ad hoc de la série CEI 60794 (voir 4.3). Par conséquent, le niveau de risque 1M est exempté des exigences de marquage.</p> <p>b Etiquette d'avertissement du symbole de risque conformément à la Figure 1 de la CEI 60825-1.</p> <p>c Lorsque la source de rayonnement provient d'une diode électroluminescente, le mot "laser" cité ci-dessus doit être remplacé par "DEL".</p> <p>d Le remplacement du mot "rayonnement" par "lumière" pour un rayonnement dans le domaine des longueurs d'onde de 400 nm à 700 nm est optionnel.</p> <p>e Plaque explicative (bordure) conformément à la Figure 2 de la CEI 60825-1. Il est permis que cette bordure entoure le symbole de risque conformément à la Figure 1 de la CEI 60825-1.</p>	

**Tableau 2 – Marquage dans les zones à accès limité**

Niveau de risque accessible	Marquage exigé – Zone à accès limité
1	Pas de marquage exigé
1M	<p>Le marquage est exigé seulement dans les cas où les exigences relatives aux connecteurs de câble dans les zones à accès non limité ne sont pas satisfaites (voir 4.4.1), et aussi la note 2 ci-après:</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>a)</p> </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <p>d)</p> <p>ATTENTION</p> <p>NIVEAU DE RISQUE DE RAYONNEMENT <sup>c)</sup></p> <p>LASER <sup>b)</sup> 1M</p> <p>NE PAS REGARDER DIRECTEMENT SANS INSTRUMENTS OPTIQUES ATTENUANTS</p> </div> </div>
2	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>a)</p> </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <p>d)</p> <p>ATTENTION</p> <p>NIVEAU DE RISQUE DE RAYONNEMENT <sup>c)</sup> LASER <sup>b)</sup> 2</p> <p>NE PAS REGARDER DANS LE FAISCEAU</p> </div> </div>
2M	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>a)</p> </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <p>d)</p> <p>ATTENTION</p> <p>NIVEAU DE RISQUE DE RAYONNEMENT <sup>c)</sup> LASER <sup>b)</sup> 2M</p> <p>NE PAS REGARDER DANS LE FAISCEAU</p> <p>NE PAS REGARDER DIRECTEMENT SANS INSTRUMENTS OPTIQUES ATTENUANTS</p> </div> </div>
3R	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>a)</p> </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <p>d)</p> <p>ATTENTION</p> <p>NIVEAU DE RISQUE DE RAYONNEMENT <sup>c)</sup> LASER <sup>b)</sup> 3R</p> <p>EVITER L'EXPOSITION AU FAISCEAU</p> </div> </div>
3B	Pas autorisé
<p>NOTE 1 Lorsque le rayonnement accessible aux points de déconnexion est de niveau de risque 1, ou de niveau de risque 1M, il est possible de le noter dans les informations fournies à l'utilisateur à la place d'un marquage sur le produit.</p>	
<p>NOTE 2 Voir 4.6.5 en ce qui concerne les risques liés aux faisceaux laser invisibles.</p>	
<p>Conditions applicables au tableau ci-dessus:</p> <p>a) Etiquette d'avertissement conforme à la Figure 1 de la CEI 60825-1.</p> <p>b) Lorsque la source de rayonnement provient d'une diode électroluminescente, le mot "laser" cité ci-dessus doit être remplacé par "DEL".</p> <p>c) Si le rayonnement se situe dans le domaine de longueurs d'onde de 400 nm à 700 nm, le remplacement du mot "rayonnement" par "lumière" est optionnel.</p> <p>d) Plaque explicative (bordure) conformément à la Figure 2 de la CEI 60825-1. Il est permis que cette bordure entoure le symbole de risque conformément à la Figure 1 de la CEI 60825-1.</p>	

**Tableau 3 – Marquage dans les zones à accès contrôlé**

Niveau de risque accessible	Marquage exigé – Zone à accès contrôlé
1	Pas de marquage exigé
1M	Pas de marquage exigé <sup>e)</sup>
2	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">  <p>a)</p> </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <p>d)</p> <p>ATTENTION</p> <p>NIVEAU DE RISQUE DE RAYONNEMENT <sup>c)</sup> LASER <sup>b)</sup> 2</p> <p>NE PAS REGARDER DANS LE FAISCEAU</p> </div> </div>
2M	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">  <p>a)</p> </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <p>d)</p> <p>ATTENTION</p> <p>NIVEAU DE RISQUE DE RAYONNEMENT <sup>c)</sup> LASER <sup>b)</sup> 2M</p> <p>NE PAS REGARDER DANS LE FAISCEAU</p> <p>NE PAS REGARDER DIRECTEMENT SANS INSTRUMENTS OPTIQUES ATTENUANTS</p> </div> </div>
3R	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">  <p>a)</p> </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <p>d)</p> <p>ATTENTION</p> <p>NIVEAU DE RISQUE DE RAYONNEMENT <sup>c)</sup> LASER <sup>b)</sup> 3R</p> <p>EVITER L'EXPOSITION AU FAISCEAU</p> </div> </div>
3B	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">  <p>a)</p> </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <p>d)</p> <p>ATTENTION</p> <p>NIVEAU DE RISQUE DE RAYONNEMENT <sup>c)</sup> LASER <sup>b)</sup> 3B</p> <p>EVITER L'EXPOSITION AU FAISCEAU</p> </div> </div>
NOTE Voir 4.6.5 en ce qui concerne les risques liés aux faisceaux laser invisibles.	
<p>Conditions applicables au tableau ci-dessus:</p> <p>a) Etiquette d'avertissement conforme à la Figure 1 de la CEI 60825-1.</p> <p>b) Lorsque la source de rayonnement provient d'une diode électroluminescente, le mot "laser" cité ci-dessus doit être remplacé par "DEL".</p> <p>c) Si le rayonnement se situe dans le domaine de longueurs d'onde de 400 nm à 700 nm, le remplacement du mot "rayonnement" par "lumière" est optionnel.</p> <p>d) Plaque explicative (bordure) conformément à la Figure 2 de la CEI 60825-1. Il est permis que cette bordure entoure le symbole de risque conformément à la Figure 1 de la CEI 60825-1.</p> <p>e) Il est recommandé, mais non exigé, d'identifier les connecteurs qui ont une sortie optique en utilisant l'étiquette d'avertissement conformément à la Figure 14 de la CEI 60825-1.</p>	

#### 4.6.2 Marquage des connecteurs des émetteurs et amplificateurs optiques

Les fabricants d'émetteurs optiques et les fabricants d'amplificateurs optiques doivent respecter les exigences de 4.6.1 en ce qui concerne chaque accès optique, ou groupe d'accès (voir 4.6.3) qui peuvent être reliés à une fibre optique. Pour de tels connecteurs d'émetteurs optiques et d'amplificateurs optiques, les exigences de 4.6.1 sont modifiées comme suit.

Si 4.6.1 exige qu'un marquage soit fourni, alors le domaine de longueurs d'onde doit être rajouté aux informations déjà exigées aux Tableaux 1, 2 et 3. Les valeurs préférentielles des domaines de longueurs d'onde sont les suivantes:

- 400 nm à 700 nm;
- 700 nm à 1 150 nm;
- 1 200 nm à 1 400 nm;
- 1 400 nm à 1 600 nm.

Entre 1 150 nm et 1 200 nm, la longueur exacte de la longueur d'onde doit être marquée.

NOTE 1 Entre 1 150 nm et 1 200 nm, la valeur de  $c_7$  (voir CEI 60825-1) change de manière significative.

NOTE 2 Les accès d'entrée des amplificateurs Raman, par exemple, peuvent aussi émettre des niveaux dangereux de rayonnement optique et il convient qu'ils soient étiquetés en conséquence.

NOTE 3 Les exemples ci-dessus sont des exemples de domaines de longueurs d'onde: la gamme réelle de fonctionnement de longueurs d'onde peut être comprise dans le marquage, par exemple 1 300 nm à 1 600 nm.

### 4.6.3 Marquages relatifs aux groupes de connecteurs

Les groupes de connecteurs, tels que les tableaux de raccordement, peuvent être marqués en tant que groupe, avec un unique marquage du niveau de risque clairement visible, plutôt qu'un marquage individuel sur chaque connecteur. Si un groupe de connecteurs se trouve à l'intérieur d'une enveloppe et que l'exposition au rayonnement optique dépassant le niveau de risque 1M est un événement prévisible qui pourrait résulter de l'accès aux connecteurs à l'intérieur de cette enveloppe, un marquage doit alors être clairement visible, avant et après ouverture de l'enveloppe. Ceci peut exiger l'utilisation de plusieurs marquages.

Les tableaux omettent intentionnellement l'indication (facultative) du type d'instrument optique qui pourrait augmenter le risque pour les niveaux de risque 1M et 2M (des JUMELLES ou TÉLESCOPES ou des VERRERIES GROSSISSANTS en sont des exemples) (voir la Section 5 de la CEI 60825-1).

### 4.6.4 Durabilité – Exigences d'indélébilité relatives aux marquages de sécurité

Tout marquage exigé par la présente norme doit être durable et lisible. L'effet d'une utilisation normale doit être pris en compte lors de l'examen de la longévité du marquage.

*La conformité est vérifiée par examen et en frottant le marquage à la main pendant 15 s avec un chiffon imbibé d'eau et de nouveau pendant 15 s avec un chiffon imbibé d'essence. Après cet essai les marques et indications doivent être lisibles; il ne doit pas être possible d'enlever facilement les plaques signalétiques et celles-ci ne doivent pas se recroqueviller.*

*L'essence qui doit être utilisée pour l'essai est de l'hexane, un solvant aliphatique avec une teneur maximale en carbures aromatiques de 0,1 % en volume, une teneur en kauributanol de 29, une température initiale d'ébullition d'environ 65 °C, un point sec d'environ 69 °C et une masse volumique d'environ 0,7 kg/l.*

NOTE L'exigence et l'essai ci-dessus sont identiques à ceux de 1.7.13 de la CEI 60950-1:2001.

#### 4.6.5 Avertissement concernant le rayonnement invisible

Si la sortie du laser est en dehors du domaine de longueurs d'onde de 400 nm à 700 nm, la mention "rayonnement laser" des étiquettes dans les Tableaux 1, 2 et 3 doit être modifiée en "rayonnement laser invisible"; dans les cas où la sortie se situe à des longueurs d'onde à l'intérieur et à l'extérieur de ce domaine, la mention doit indiquer "rayonnement laser visible et invisible". Si un appareil est classé sur la base du niveau de rayonnement laser visible et émet également des émissions supérieures aux LEA de la Classe 1 à des longueurs d'onde invisibles, l'étiquette doit mentionner "rayonnement laser visible et invisible" au lieu de "rayonnement laser".

#### 4.7 Exigences concernant les organismes

##### 4.7.1 Fabricants de STFO prêts à l'emploi, de systèmes ou de sous-systèmes clés en main

Les fabricants de STFO, de systèmes ou de sous-systèmes clés en main complets, doivent:

- 1) garantir que les équipements satisfont aux exigences applicables de cette norme.
- 2) fournir les informations suivantes:
  - a) une description des caractéristiques techniques de conception présentées par l'appareil, suffisante pour prévenir une exposition au rayonnement supérieur aux niveaux de l'EMP;
  - b) des instructions adéquates pour le montage correct, la maintenance et l'utilisation en toute sécurité, comprenant des mises en garde claires quant aux précautions à prendre pour éviter une éventuelle exposition aux rayonnements supérieure aux niveaux de l'EMP;
  - c) des instructions nécessaires aux organismes d'installation et de réglage/entretien pour garantir que l'appareil peut être installé et réglé/entretenu de manière que le rayonnement accessible, lors d'événements raisonnablement prévisibles, satisfasse aux exigences de l'Article 4.
  - d) les niveaux de risque des zones accessibles dans le système ou le sous-système et les paramètres sur lesquels ces niveaux de risque sont basés;
  - e) pour les systèmes avec RAP:
    - le temps de réaction et les paramètres de fonctionnement du dispositif RAP;
    - dans le cas où l'installation ou le réglage/entretien nécessite la neutralisation du dispositif RAP, des informations doivent être incluses pour permettre à l'organisme d'exploitation de spécifier les bonnes pratiques en matière de sécurité du travail, pendant que le dispositif RAP est neutralisé et de spécifier les procédures de sécurité afin de rétablir les fonctions et de soumettre ces systèmes à des essais;
    - si un redémarrage initialisé manuellement inactive temporairement le dispositif RAP, le rythme/réglage du redémarrage doit être clairement décrit dans le manuel de l'utilisateur;
    - tous les scénarii (par exemple, retrait ou défaillance d'un contrôleur ou de tout autre élément) dans lesquels le dispositif RAP ne serait pas fonctionnel, y compris les précautions appropriées qu'il faut prendre dans de telles conditions;
  - f) toute autre information concernant l'utilisation en toute sécurité du STFO;
  - g) une indication mentionnant que le matériel doit être installé conformément aux instructions du fabricant et comportant la mise en garde «ATTENTION: L'utilisation de commandes ou de réglages ou l'exécution de procédures autres que ceux/celles spécifié(s) ici peut avoir comme conséquence une exposition dangereuse au rayonnement.»

#### 4.7.2 Organisme d'installation et de réglage/entretien

L'organisme responsable de l'installation et des réglages/de l'entretien du STFO doit suivre les instructions du fabricant pour l'installation des équipements, de manière à garantir que le rayonnement accessible, lors d'événements raisonnablement prévisibles, satisfait aux exigences de l'Article 4.

Avant de mettre en service un STFO, l'organisme d'installation ou l'organisme de réglage/entretien, suivant le cas, doit s'assurer que le dispositif RAP, s'il est utilisé, est en bon état de fonctionnement, comme cela est indiqué en 4.5 et 4.8.

Pour les systèmes avec des zones accessibles autres que celles de niveau de risque 1 ou 2, l'organisme d'installation et/ou l'organisme de réglage/entretien doit:

- a) dispenser une formation à la sécurité laser adéquate au personnel qui a la responsabilité d'effectuer des activités d'installation et de réglage/entretien;
- b) s'assurer que des contrôles d'accès et des étiquettes de mise en garde adaptés sont utilisés sur les zones à accès contrôlé et à accès limité.

#### 4.7.3 Organisme d'exploitation

L'organisme d'exploitation a la responsabilité finale de la sécurité du système de bout en bout. Ceci comprend, en particulier:

- a) l'identification du type de zone pour toutes les zones accessibles du STFO dans son ensemble;
- b) l'assurance que les niveaux de risque ne sont pas dépassés pour ces types de zone, lors d'événements raisonnablement prévisibles;
- c) l'assurance que l'installation et le réglage/l'entretien sont exécutés par des organismes capables de satisfaire aux exigences du 4.2 au 4.9;
- d) l'assurance que l'accès aux zones à accès limité et à accès contrôlé est convenablement pris en compte en ce qui concerne la sécurité laser;
- e) l'assurance de la conformité permanente aux exigences de fabrication, d'exploitation, d'installation, de réglage/d'entretien et de sécurité du système;

### 4.8 Evaluation du niveau de risque

#### 4.8.1 Détermination du niveau de risque

Le niveau de risque est déterminé par la mesure du rayonnement optique qui pourrait devenir accessible lors d'un événement raisonnablement prévisible quelconque (par exemple, rupture de fibre optique) pendant l'exploitation et la maintenance. Les méthodes pour déterminer la conformité aux valeurs limites de rayonnement spécifiées sont identiques à celles décrites pour la classification dans la CEI 60825-1.

Pour les longueurs d'onde supérieures à 1 400 nm, des mesures de la condition 2 doivent être réalisées pour établir les niveaux de risque avec une ouverture de 7 mm à une distance de 28 mm de l'extrémité de la fibre (ceci simule une loupe x18).

Pour toutes les autres longueurs d'onde, des mesures de la condition 2 doivent être réalisées pour établir les niveaux de risque avec une ouverture de 7 mm à une distance de 70 mm de l'extrémité de la fibre (ceci simule une loupe x7).

En plus de ce qui est indiqué ci-dessus, et pour toutes les longueurs d'onde, l'émission totale de la fibre pour les systèmes HL 3B ne doit pas dépasser la LEA de la classe 3B.

Il est nécessaire que les mesures soient faites dans des conditions appropriées, par exemple, rupture simulée d'un câble de fibres optiques, et elles doivent être fondées sur les articles appropriés de la CEI 60825-1.

L'évaluation du niveau de risque avec et sans réduction automatique de puissance doit être faite:

- 1 s après l'événement raisonnablement prévisible pour les zones à accès non limité, sauf dans le cas où une plus grande exposition résulterait d'une mesure postérieure;
- 3 s après l'événement raisonnablement prévisible pour les zones à accès limité et à accès contrôlé, sauf dans le cas où d'une mesure postérieure résulterait une plus grande exposition.

Dans des circonstances où il est difficile d'effectuer des mesures directes, une évaluation du niveau de risque fondée sur des calculs est acceptable. Par exemple, la connaissance de la puissance du laser ou de l'amplificateur et de l'atténuation de la fibre peut permettre une évaluation du risque dans toute zone particulière.

Pour un STFO avec réduction automatique de puissance, le niveau de risque sera déterminé par l'émission accessible (en impulsions ou en émission continue) après le laps de temps indiqué ci-dessus (1 s pour les zones à accès non limité, 3 s pour les zones à accès limité ou les zones à accès contrôlé). De plus, l'exigence de l'EMP du 4.8.2 doit être satisfaite.

#### **4.8.2 Conséquences de l'utilisation des dispositifs de réduction automatique de puissance**

Dans le cas où le STFO utilise un dispositif de réduction automatique de puissance pour satisfaire aux limites d'un niveau de risque inférieur à celui qui aurait dû être assigné si aucun dispositif de réduction automatique de puissance n'avait été présent, l'éclairement énergétique ou l'exposition énergétique pendant le temps maximal pour atteindre le niveau de risque inférieur spécifié en 4.8.1 (1 s pour les zones à accès non limité, 3 s pour les zones à accès limité ou à accès contrôlé) ne doit pas dépasser les limites de l'éclairement énergétique ou de l'exposition énergétique (EMP). Pour des zones à accès contrôlé, la distance de mesure est de 250 mm, uniquement pour ce paragraphe.

#### **4.8.3 Conditions relatives aux essais et aux évaluations**

Les essais et les évaluations doivent être effectués dans des conditions de défaut raisonnablement prévisibles.

Dans certains systèmes complexes (par exemple, où la sortie optique dépend de l'intégrité d'autres composants et des performances de la conception des circuits et du logiciel), il peut être nécessaire d'utiliser d'autres méthodes reconnues pour l'évaluation du risque/de la sécurité (voir l'Annexe C).

Cependant, les défauts ayant comme conséquence l'émission d'un rayonnement supérieur au niveau de risque, n'ont pas lieu d'être considérés si:

- ils ne sont que d'une durée limitée; et
- il n'est pas raisonnablement prévisible que des personnes aient accès au rayonnement avant que l'appareil ne soit mis hors service.

NOTE En appliquant l'exigence de l'EMP appropriée de 4.8 relative à un faisceau sortant, par exemple une extrémité de fibre cassée ou un connecteur débranché, deux facteurs sont importants:

- a) est-il raisonnablement prévisible que l'œil d'une personne soit exposé au faisceau ?
- a) est-il raisonnablement prévisible que la peau d'une personne soit irradiée par le faisceau ?

En déterminant ce qui est raisonnablement prévisible, on prend en compte l'emplacement physique du point de sortie du faisceau, la distance entre le point de sortie et l'œil ou la peau, et le temps nécessaire pour que le dispositif RAP réduise l'exposition au niveau requis par 4.9. Même si l'exposition de l'œil non protégé ou de la peau n'est pas raisonnablement prévisible, il convient de considérer également la possibilité de risque de feu.

#### **4.9 Exigences de niveau de risque par type de zone**

Le niveau de risque exigé doit être déterminé pour chaque zone accessible à l'intérieur d'un STFO.

NOTE 1 Ceci inclut l'accès aux fibres optiques qui peuvent se rompre.

NOTE 2 Cette norme est applicable pour l'exploitation et la maintenance d'un STFO. Pour la sécurité de l'utilisateur, le niveau de risque 4 n'est pas admis dans l'ensemble de la norme. Dans le cas où les systèmes emploieraient des niveaux normaux de puissance d'émission dépassant le niveau de risque acceptable pour un type de zone particulier, des dispositifs de protection, comme la réduction automatique de puissance, peuvent être utilisés pour déterminer le niveau de risque réel.

##### **4.9.1 Zones à accès non limité**

Dans une zone à accès non limité, le niveau de risque doit être 1, 1M, 2 ou 2M.

NOTE Si la limite applicable du niveau de risque 1M est supérieure à la limite du 2 et inférieure à la limite du 3B, c'est le niveau de risque 1M qui est alloué.

##### **4.9.2 Zones à accès limité**

Dans une zone à accès limité, le niveau de risque doit être 1, 1M, 2, 2M ou 3R.

NOTE 1 Si la limite applicable du niveau de risque 1M ou 2M est supérieure à la limite du 3R et inférieure à la limite du 3B, le niveau de risque 1M, respectivement 2M, est alloué.

NOTE 2 Si la limite applicable du niveau de risque 1M est supérieure à la limite du 2 et inférieure à la limite du 3B, le niveau de risque 1M est alloué.

##### **4.9.3 Zones à accès contrôlé**

Dans une zone à accès contrôlé, le niveau de risque doit être 1, 1M, 2, 2M, 3R ou 3B.

## Annexe A (informative)

### Justifications

La sécurité des appareils à laser, la classification des équipements, les exigences et le guide de l'utilisateur sont couverts par la CEI 60825-1 et le CEI/TR 60825-14. La Partie 1 concerne principalement les appareils autonomes qui sont sous un contrôle local effectif. Un STFO sera sûr, dans des conditions normales d'exploitation, parce que le rayonnement optique est totalement confiné lors du fonctionnement pour lequel il est prévu. Toutefois, en raison de la nature étendue de ces systèmes (où la puissance optique, dans certaines conditions, peut être accessible à des kilomètres de la source optique), les précautions pour minimiser le danger seront différentes de celles relatives aux sources laser habituellement sous le contrôle local d'un opérateur. (Il convient de noter que de nombreux STFO contiennent des DEL, exclues du domaine d'application de la CEI 60825-1.)

incluses dans le domaine d'application de la CEI 60825-1).

Le risque potentiel d'un STFO dépend du degré de probabilité que le capot de protection présente une brèche/ouverture (par exemple un connecteur de fibres débranché ou un câble cassé) et de la nature du rayonnement optique pouvant devenir accessible par suite de cette ouverture. Les exigences techniques et les précautions à prendre par l'utilisateur, requises pour minimiser le risque, sont spécifiées dans cette Partie 2 de la CEI 60825.

Un niveau de risque est assigné à chaque zone accessible d'un STFO, par l'organisme d'exploitation du système ou par son délégué; il sert de guide pour déterminer le risque potentiel, si le rayonnement optique devient accessible. Ces niveaux de risque sont décrits suivant les niveaux de risque 1 à 4, d'une manière similaire à la procédure de classification exposée dans la CEI 60825-1. Dans les applications à fibres optiques, les limites des niveaux de risque 1M et 2M sont souvent plus élevées que la limite du niveau de risque 3R, mais inférieures à la limite du niveau de risque 3B. Pour ces applications, le niveau de risque 3R n'est pas applicable (voir les notes des paragraphes 3.6, 3.8 et 3.9).

Dans le cas où les organismes d'exploitation sous-traiteraient l'installation, l'exploitation ou la maintenance des systèmes de télécommunication à fibres optiques, il convient que les responsabilités vis-à-vis de la sécurité laser soient clairement définies par l'opérateur.

En résumé, les principales différences entre la CEI 60825-1 et cette Partie 2 sont décrites ci-dessous:

- Un STFO complet ne sera pas classé comme le demande la CEI 60825-1. Ceci vient du fait que pour l'exploitation prévue, le rayonnement optique est totalement confiné, et il peut être avancé qu'une interprétation rigoureuse de la CEI 60825-1 donnerait l'attribution d'une Classe 1 à tous les systèmes, ce qui ne pourrait pas refléter précisément le risque potentiel. Toutefois, si la source peut être exploitée séparément, il convient de la classer selon la CEI 60825-1.
- Chaque zone accessible du système de transmission optique confiné et étendu, sera désignée par un niveau de risque en suivant des procédures similaires à celles données dans la CEI 60825-1 pour la classification, mais ce niveau sera fondé non pas sur le rayonnement accessible, mais sur le rayonnement pouvant devenir accessible dans des circonstances raisonnablement prévisibles (par exemple, une rupture de câble de fibres optiques, un connecteur de fibres débranché etc.).

- La nature des mesures de sécurité prescrites pour tout niveau de risque particulier dépendra du type de zone, c'est-à-dire locaux d'habitation, sites industriels où il y aurait un accès limité, et centres de commutation où il pourrait y avoir un accès contrôlé. Par exemple, il est spécifié que dans un local d'habitation, il convient qu'un connecteur de fibres débranché ne puisse émettre qu'un rayonnement correspondant à la Classe 1 ou 2, alors que dans des zones contrôlées, il pourrait être plus élevé.

Les modifications apportées à la CEI 60825-2:2004 et à son amendement sont

- a) une révision des références à la CEI 60825-1 rendue nécessaire par la modification du plan de la dernière version de la CEI 60825-1, et
- b) des modifications dans les mesures apportées pour s'assurer que la sécurité est préservée lorsque les extrémités de la fibre sont examinées au moyen de loupes et/ou de microscopes à grossissement moyen à fort, comme c'est parfois le cas dans l'industrie des télécommunications.

## Annexe B (informative)

### Résumé des exigences pour les zones à l'intérieur d'un STFO

Niveau de Risque	Type de zone		
	Accès non limité	Accès limité	Accès contrôlé
1	Aucune d'exigence	Aucune exigence	Aucune exigence
1M	Niveau de risque 1 à partir des connecteurs pouvant être ouverts par l'utilisateur final <sup>a</sup> Pas d'exigence d'étiquetage ou de marquage <sup>b</sup>	Aucun étiquetage ou marquage demandé si les connecteurs pouvant être ouverts par l'utilisateur final sont de niveau de risque 1. Si la sortie est de niveau de risque 1M, l'étiquetage ou le marquage est alors exigé <sup>b</sup>	Aucune exigence
2	Étiquetage ou marquage <sup>b</sup>	Étiquetage ou marquage <sup>b</sup>	Étiquetage ou marquage <sup>b</sup>
2M	Étiquetage ou marquage <sup>b</sup> , et niveau de risque 2 depuis le connecteur <sup>b</sup>	Étiquetage ou marquage <sup>b</sup>	Étiquetage ou marquage <sup>b</sup>
3R	Pas autorisé <sup>c, d</sup>	Étiquetage ou marquage <sup>b</sup> , et niveau de risque 1M ou 2M depuis le connecteur <sup>a</sup>	Étiquetage ou marquage <sup>b</sup> , et niveau de risque 1M ou 2M depuis le connecteur <sup>a</sup>
3B	Pas autorisé <sup>c, d</sup>	Pas autorisé <sup>c, d</sup>	Étiquetage ou marquage <sup>b</sup> , et niveau de risque 1M ou 2M depuis le connecteur <sup>a</sup>
4	Pas autorisé <sup>c, d</sup>	Pas autorisé <sup>c, d</sup>	Pas autorisé <sup>c, d</sup>
NOTE Lorsque les informations contenues dans cette annexe diffèrent des exigences de l'Article 4, les exigences de cet Article 4 s'appliquent.			
a Voir 4.4.			
b Voir 4.6.			
c Voir 4.5 et 4.8.2. Dans le cas où les systèmes emploieraient des niveaux de puissance d'émission normaux dépassant le niveau de risque acceptable pour un type de zone particulier, des dispositifs de protection, comme la réduction automatique de puissance, peuvent être utilisés pour déterminer le niveau de risque réel.			
d Voir 4.9.			

## **Annexe C** (informative)

### **Méthodes d'analyse du risque/de la sécurité**

Certaines méthodes d'analyse du risque/de la sécurité sont données ci-dessous:

- a) Analyse préliminaire des risques (APR), comprenant une analyse du circuit. Cette méthode peut être utilisée indépendamment, mais elle constitue une première étape essentielle pour l'application d'autres méthodes d'évaluation des risques/de la sécurité;
- b) analyse des conséquences – voir la série CEI 61508 [5];
- c) analyse des modes de panne et de leurs effets (AMPE);
- d) Analyse des modes de panne, de leurs effets et de leur criticité (AMPEC) (voir la CEI 60812 [1]);
- e) Analyse par arbre de panne (FTA);
- f) Analyse par arbre d'événement;
- g) Etudes de risques et de l'efficacité opérationnelle (HAZOPS).

Il convient de procéder à des essais appropriés pour compléter l'analyse, lorsque cela est nécessaire. Il convient que la méthode d'analyse et que toutes les hypothèses posées pour sa conduite soient indiquées par le fabricant ou l'opérateur.

## **Annexe D** (informative)

### **Notes d'application pour l'utilisation en toute sécurité des STFO**

#### **D.1 Introduction**

Cette annexe donne des directives concernant l'application de cette norme à des situations pratiques spécifiques. Cette annexe informative est destinée à aider les utilisateurs de cette norme lors de l'application des exigences de la CEI 60825-1 et de la CEI 60825-2 à leur cas particulier. Elle ne contient aucune exigence.

Cette norme s'applique aux STFO. Dans ces systèmes, la puissance optique peut être transmise au-delà de la source optique sur de longues distances et il est nécessaire de prendre des mesures pour assurer que les risques potentiels provenant d'une interruption du trajet de communication sont minimisés. Afin de connaître l'ampleur du risque potentiel existant au sein d'un STFO, il est nécessaire d'affecter un niveau de risque aux zones pouvant devenir accessibles: cette procédure est similaire à la désignation d'une classe d'équipement dans la CEI 60825-1, mais elle se substitue à celle-ci.

Il est possible de configurer un système de télécommunication par fibres optiques pour qu'il se comporte comme un système asservi, de telle manière que lorsque le trajet de communication est interrompu, l'énergie du signal transmis soit automatiquement réduite à une valeur de sécurité, en un laps de temps court. Il est donc possible d'avoir deux systèmes, l'un avec la réduction automatique de puissance (dispositif RAP) et l'autre sans dispositif RAP, les deux ayant le même niveau de risque (et donc le même degré de sécurité): le niveau du signal dans des conditions normales d'exploitation du système avec le dispositif RAP peut alors être beaucoup plus élevé que le niveau du signal dans le système sans le dispositif RAP. Puisque le dispositif RAP est critique pour la sécurité, il convient que la fiabilité de ce dispositif soit adéquate et des recommandations sont données dans cette annexe.

Alors que la Partie 1 de cette norme s'applique aux appareils à laser individuels, cette Partie 2 s'applique aux systèmes complets, de bout en bout. Comme les sous-ensembles qui génèrent ou amplifient un rayonnement optique sont critiques pour la sécurité du STFO et qu'ils doivent satisfaire à une partie des exigences, ils sont également compris dans le domaine d'application de cette norme. Les fabricants des différents composants passifs ou des sous-ensembles passifs, non encore incorporés au système de bout en bout, ne peuvent pas avoir connaissance du niveau de risque associé et ils sont ainsi exclus du domaine d'application de cette norme.

Cette norme n'aborde pas les questions de sécurité liées aux explosions ou au feu, dans le cas d'un STFO déployé dans des zones dangereuses.

#### **D.2 Secteurs d'application**

##### **D.2.1 Installations STFO types**

a) Zones à accès contrôlé (voir 3.13):

- conduits de câbles;
- coffrets techniques extérieurs;
- aires dédiées et délimitées de centres de distribution
- salles d'essai dans les navires câbliers.

NOTE Dans les cas où les accès à des conduits de câbles ou les coffrets techniques extérieurs pour réglage ou entretien sont susceptibles d'exposer le public à des radiations excédant les limites d'émission accessible de Classe 1, il convient de prendre des dispositions provisoires temporaires appropriées (par exemple une cabane de chantier).



### D.2.3 Fonctions d'exploitation types

- a) Installation
- b) Exploitation
- c) Maintenance
- d) Réglages/entretien
- e) Recherche d'anomalies
- f) Mesurage (y compris réflectométrie optique dans le domaine temporel (OTDR))

### D.3 Limites de puissance des STFO

La puissance moyenne maximale pour chaque niveau de risque, pour les longueurs d'onde les plus importantes et les types de fibre optique utilisés dans un STFO est présentée par le Tableau D.1. Pour la plupart des systèmes représentatifs, avec des rapports cycliques compris entre 10 % et 100 %, on peut admettre que la puissance de crête augmente lorsque le rapport cyclique diminue. Toutefois, pour des rapports cycliques  $\leq 50$  %, il est plus simple de limiter les puissances de crête à deux fois ces limites de puissance moyenne, bien que la CEI 60825-1 puisse être utilisée pour une analyse plus fine, afin d'identifier toute augmentation des puissances de crête permises, pour ces types de systèmes. Ceci est particulièrement valable lorsque des «sources visibles» sont utilisées et que leurs longueurs d'onde sont dans la zone de risque photochimique.

NOTE 1 Pour les fibres uni-modales et multi-modales les plus communes, les limites de la source ponctuelle sont appliquées. Les fibres dont les diamètres de cœur sont supérieurs à 150  $\mu\text{m}$  (par exemple, fibre optique plastique «FOP» et fibre en silice à gaine dure «HCS») sont considérées comme des sources étendues intermédiaires. Toutefois, la dimension de la source apparente applicable pour la détermination du facteur  $C_6$  peut dépendre du degré réel de remplissage de mode.

On doit utiliser le diamètre d'ouverture et les distances de mesure dont les valeurs sont données ci-dessous:

- 7 mm à 70 mm pour des longueurs d'onde  $< 1\,400$  nm
- 7 mm à 28 mm pour des longueurs d'onde  $> 1\,400$  nm

NOTE 2 Dans le dernier cas pour les longueurs d'onde  $> 1\,400$  nm, pour la grande majorité des cas, cette condition mesurera toute l'émission de la fibre, et rendra compte par conséquent de tout niveau de grossissement.

NOTE 3 Une alternative à la dernière condition pour les longueurs d'onde  $> 1\,400$  nm consiste simplement à mesurer l'émission totale provenant de la fibre tout en reconnaissant que dans certains cas, ceci peut donner lieu à une surestimation du risque réel.

NOTE 4 Pour les systèmes HL 3B, l'émission totale de la fibre doit être limitée pour être inférieure à la LEA de la classe 3B (atténuant ainsi effectivement la puissance optique dans la fibre à 500 mW pour des expositions supérieures à 0,25 s, et au niveau approprié pour des expositions plus courtes y compris par exemple les impulsions de redémarrage du système).

**Tableau D.1 – Limites de puissance d'un STFO pour des fibres uni-modales (SM) de 11 µm et multi-modales (MM) d'ouverture numérique 0,18 (diamètre du cœur < 150 µm)**

Longueur d'onde et type de fibre	Niveau de risque					
	1	1M	2	2M	3R	3B
633 nm (MM)	1,95 mW (+3 dBm)	3,9 mW (+5,9 dBm)	4,99 mW (+7 dBm)	10 mW (+10 dBm)	24,9 mW (+14 dBm)	500 mW
780 nm (MM)	2,81 mW (+4,5 dBm)	5,6 mW (+7,5 dBm)	–	–	14,4 mW (+11,6 dBm)	500 mW
850 nm (MM)	3,88 mW (+5,9 dBm)	7,8 mW (+8,9 dBm)	–	–	19,9 mW (+13 dBm)	500 mW
980 nm (MM)	7,06 mW (+8,5 dBm)	14,1 mW (+11,5 dBm)	–	–	36,2 mW (+15,6 dBm)	500 mW
980 nm (SM)	1,8 mW (+2,6 dBm)	2,66 mW (+4,2 dBm)	–	–	9,21 mW (+9,6 dBm)	500 mW
1310 nm (MM)	77,8 mW (+18,9 dBm)	156 mW (+21,9 dBm)	–	–	399 mW (+26 dBm)	500 mW
1310 nm (SM)	25,8 mW (+14,1 dBm)	42,8 mW (+16,3 dBm)	–	–	129 mW (+21,1 dBm)	500 mW
1 400 nm 1 600 nm (MM)	13,3 mW (+11,2 dBm)	384 mW (+25,8 dBm)	–	–	Voir note de 3.9	500 mW
1 420 nm (SM)	10,1 mW (+10 dBm)	115 mW (+20,6 dBm)	–	–	Voir note de 3.9	500 mW
1 550 nm (SM)	10,2 mW (+10,1 dBm)	136 mW (+21,3 dBm)	–	–	Voir note de 3.9	500 mW

**NOTE 1 Niveaux de Risque 1M et 2M**

La puissance maximale donnée dans le tableau pour une fibre de 11 µm est limitée par la densité de puissance. La limite de puissance précise de la fibre est donc déterminée par la divergence minimale attendue du faisceau, dépendant à son tour du diamètre du champ de mode (MFD) de la fibre uni-modale. Celle-ci peut varier pour différentes valeurs du MFD et il y a des variations importantes des limites de classe en fonction des variations du MFD. Certains connecteurs de forte puissance utilisent un diamètre de champ de mode (MFD) élargi et la divergence en champ lointain est plus faible. Ces connecteurs peuvent conduire à un niveau de risque plus élevé et la détermination de ce dernier est vivement recommandée lorsqu'on utilise ces connecteurs.

**NOTE 2 Valeurs 1 310 nm**

Les valeurs 1 310 nm sont calculées pour 1 270 nm, qui est la longueur d'onde la plus courte dans la fenêtre de télécommunications des «1 310 nm».

**NOTE 3 Paramètres de fibre**

Les paramètres de fibre utilisés correspondent aux cas les plus conservateurs; les valeurs pour une fibre uni-modale sont calculées pour un diamètre de champ de mode de 11 µm et les valeurs pour une fibre multi-modale avec une ouverture numérique de 0,18. De nombreux systèmes, fonctionnant à 980 nm et à 1 550 nm, utilisent des fibres avec des MFD ayant des valeurs inférieures. Par exemple, la limite pour le niveau de risque 1M est de 197 mW, quand une longueur d'onde de 1 550 nm est transmise dans des câbles de fibres à dispersion décalée, ayant des valeurs limites supérieures de MFD de 9,1 µm.

**NOTE 4 Limites du niveau de risque 1M pour < 1 310 nm**

Les limites du niveau de risque 1M pour des fibres uni-modales à 900 nm et au-dessous ne sont pas présentées ici, car la divergence que ces longueurs d'onde vont subir est assez variable. C'est parce que ces longueurs d'onde sont en fait à plusieurs modes dans une fibre uni-modale normale de 1 310 nm et la divergence exacte dépendra du degré assez imprévisible du mélange de modes. Cette variabilité du mélange de modes est également un problème potentiel lorsque l'on essaie d'évaluer ces longueurs d'onde sur une vraie fibre multi-modale. S'il est nécessaire de calculer une valeur pour ces cas, l'hypothèse que la fibre véhicule toute son énergie en mode fondamental et l'utilisation des équations pour une fibre uni-modale conduira à une valeur conservatrice.

**NOTE 5 Fibres multi-modales avec des diamètres de cœur supérieurs à 150 µm**

Ces fibres sont considérées comme des sources étendues intermédiaires (par exemple, fibres en silice à gaine dure (HCS) avec un diamètre de cœur de 200 µm ou fibres optiques plastiques avec un diamètre de cœur de 1 000 µm). La dimension de la source applicable peut dépendre du degré de remplissage du mode et il convient de la déterminer en détails avant de calculer les valeurs limites.

**NOTE 6 Limites du niveau de risque 2**

Il peut être montré, que pour des dimensions de source apparente inférieures à 33 mrad (la plupart des cas en techniques de communication par fibre optique), les limites du niveau de risque 2 sont toujours inférieures aux limites ad hoc du niveau de risque 1M: sûres pour l'œil nu, mais potentiellement peu sûres lors de l'utilisation d'instruments optiques.

**NOTE 7 Câbles multi-fibres et ruban**

Les limites du tableau ne sont calculées que pour des fibres uniques. Si plusieurs fibres (multi-fibres) ou des fibres en ruban avec des fibres uniques très proches étroite les unes des autres, sont évaluées, chaque fibre individuelle et chaque groupement possible de fibres sont évalués.

**NOTE 8: Valeur 1 420 nm**

La valeur 1 420 nm est calculée pour la plage de Raman de 1 420 nm à 1 500 nm.

**NOTE 9 Fibres multimodales avec diamètres de cœur compris entre 52,5 µm et 150 µm.**

Les fibres peuvent (option) être évaluées en utilisant les critères de mesure spécifiés en 9.3.3 de la CEI 60825-1, ce qui peut donner lieu à une limite de puissance admissible plus élevée.

**D.4 Exemples d'évaluation du niveau de risque****D.4.1 Longueurs d'onde multiples sur une même fibre**

Lorsque plusieurs longueurs d'onde sont transmises le long d'une fibre unique, comme dans un système de multiplexage en longueur d'onde (WDM), le niveau de risque dépend alors à la fois des niveaux de puissance et des longueurs d'onde, et si ces puissances aux différentes longueurs d'onde sont additives ou non. Pour l'exposition de la peau aux longueurs d'onde habituellement utilisées dans un STFO, les risques sont toujours additifs. Pour la plupart des systèmes à fibres optiques, 1 400 nm est le point auquel les conditions d'addition changent:

- a) si deux longueurs d'onde sont inférieures à 1 400 nm, elles s'ajoutent, c'est-à-dire que le risque combiné est plus élevé;
- b) si deux longueurs d'onde sont supérieures à 1 400 nm, elles s'ajoutent, c'est-à-dire que le risque combiné est plus élevé;
- c) si une longueur d'onde est supérieure à 1 400 nm et l'autre inférieure, les risques ne s'ajoutent pas, c'est-à-dire que le risque combiné n'augmente pas.

Il est nécessaire de calculer séparément les risques pour la peau et les risques pour la rétine.

Pour calculer le niveau de risque relatif à un système à plusieurs longueurs d'onde, il est nécessaire de calculer la puissance du système à chaque longueur d'onde, comme étant un pourcentage de la LEA, pour cette classe, à cette longueur d'onde (par exemple 25 %, 60 %, etc., jusqu'à 100 %), et puis d'ajouter l'ensemble de ces composantes. Si l'addition de l'ensemble dépasse 1 (100 %), alors le niveau de risque dépasse les limites d'émission accessibles pour cette classe. Il convient que cette procédure soit également utilisée pour déterminer le réglage du dispositif RAP en utilisant le tableau d'EMP au lieu des tableaux de LEA.

**D.4.1.1 Exemple de longueurs d'onde multiples**

Un système de transmission optique utilisant une fibre multi-modale de diamètre de cœur de 50 µm et une ouverture numérique de  $0,2 \pm 0,02$ , véhicule six signaux optiques: aux longueurs d'onde de 840 nm, 870 nm, 1 290 nm, 1 300 nm, 1 310 nm et 1 320 nm. Chacun de ces signaux a une puissance moyenne temporelle maximale de -8 dBm (0,16 mW). Déterminer le niveau de risque à l'emplacement de l'émetteur.

En l'absence de toute autre information concernant la durée d'émission de l'émetteur lorsqu'un connecteur est retiré, supposer qu'aucun système d'arrêt ne fonctionne et ensuite déterminer le niveau de risque fondé sur les niveaux de puissance accessibles au connecteur de l'émetteur (le retrait du connecteur est un événement raisonnablement prévisible).

Faire l'évaluation sur la base de  $t = 100$  s de durée d'émission, pour une vision non intentionnelle (voir 8.3 e) de la CEI 60825-1).

Le Tableau 2 de la CEI 60825-1 indique que les effets de toutes les longueurs d'onde sont additifs. L'évaluation doit donc être faite sur la base du rapport de l'émission accessible à chaque longueur d'onde à la LEA, pour la classe applicable à cette longueur d'onde (voir 8.3 b) de la CEI 60825-1).

Noter, cependant, que les LEA sont constantes dans le domaine de longueurs d'onde de 1 200 nm à 1 400 nm; par conséquent, les quatre signaux proches de 1 300 nm peuvent être considérés comme un signal unique avec un niveau de puissance égal à la somme des puissances de ces signaux.

Comparer d'abord les niveaux d'émission à la LEA pour la Classe 1:

Puisque nous avons une petite source avec un diamètre de cœur de 50  $\mu\text{m}$ , le diamètre apparent  $\alpha$  de la source est  $0,5 \text{ mrad} < \mu_{\text{min}}$ .  $T_2 = 10$  s, voir la CEI 60825-1, notes des Tableaux 1 à 4 et  $T_2 < t$  (100 s, voir ci-dessus).

$$P_{\text{LEA}} = 3,9 \times 10^{-4} C_4 C_7 W$$

où

$$C_4 = 10^{0,002(\lambda - 700)} \text{ pour } 840 \text{ nm et } 870 \text{ nm}$$

$$C_4 = 5 \text{ pour des longueurs d'onde } > 1\,050 \text{ nm}$$

et

$$C_7 = 1 \text{ pour } 840 \text{ nm et } 870 \text{ nm}$$

$$C_7 = 8 \text{ pour des longueurs d'onde } > 1\,050 \text{ nm}$$

$$\text{donc } \text{LEA}_{840 \text{ nm}} = 0,74 \text{ mW}$$

$$\text{LEA}_{870 \text{ nm}} = 0,85 \text{ mW}$$

$$\text{LEA}_{1\,300 \text{ nm}} = 15,6 \text{ mW}$$

Les spécifications de mesurage données en 9.3 de la CEI 60825-1 demandent d'appliquer la condition la plus restrictive du Tableau 11 de la CEI 60825-1. Pour un faisceau divergent issu d'une fibre optique, la condition la plus restrictive est 2. En utilisant le Tableau 11 de la CEI 60825-1 tel que modifié par le paragraphe 4.8.1 de la présente norme (CEI 60825-2), le diamètre d'ouverture est de 7 mm et la distance de mesurage est de 70 mm pour les limites thermiques.

En utilisant l'expression relative au diamètre du faisceau issu d'une fibre optique, le diamètre aux points à 63 % (1/e) pour la plus petite fibre d'ouverture numérique ON est (cas le plus défavorable):

$$d_{63} = \frac{2r_{\text{ON}}}{1,7} = \frac{2 \times 70 \text{ mm} \times 0,18}{1,7} = 15,0 \text{ mm}$$

Ainsi, dans ce cas, toute la puissance issue de la fibre serait collectée par l'ouverture de 7 mm et aucune correction n'est nécessaire.

En faisant la somme des rapports de puissance à chaque longueur d'onde à la LEA correspondante, cela conduit à:

$$\sum \left[ \frac{(\text{Puiss})}{\text{LEA}} \right] = \frac{0,16}{0,74} + \frac{0,16}{0,85} + \frac{4 \times 0,16}{15,6} = 0,45$$

Ce rapport est inférieur à 1; il en résulte que l'émission accessible est dans les limites de la Classe 1 et ainsi le niveau de risque 1 s'applique à cette zone.

#### **D.4.2 Transmission bi – directionnelle (duplex intégral)**

Il n'y a aucun effet additif de la part de chacune des directions de transmission individuelles, car chaque extrémité interrompue du câble de fibres représente un danger distinct si la fibre se casse. Le niveau de risque est déterminé par la direction de la transmission qui a la puissance la plus élevée.

#### **D.4.3 Réduction automatique de puissance**

En utilisant la réduction automatique de puissance dans un STFO de bout en bout, il est possible d'affecter un niveau de risque plus faible que dans le cas où elle ne serait pas utilisée. Ceci est important quand le niveau de risque des émetteurs/amplificateurs optiques internes au système peut imposer une limitation quant aux lieux où ce système peut être déployé. Voir Annexe B.

Il convient que la réduction automatique de puissance ne se substitue pas aux bonnes pratiques de travail, aux réglages/entretien corrects et à une maintenance appropriée. En outre, en évaluant le niveau de risque, il convient que la fiabilité du dispositif RAP soit prise en considération.

Il convient que l'évaluation du niveau de risque ait lieu au moment de l'accès humain raisonnablement prévisible au rayonnement (par exemple, après une cassure de fibre), sinon le mesurage à un moment postérieur pourrait entraîner une plus grande exposition (voir 4.8.1 et 4.8.2).

La réduction automatique de puissance ne peut pas être considérée comme un moyen de protection universel, parce que, après une coupure de fibre, il est de pratique courante d'utiliser un appareil d'essai optique (habituellement un réflectomètre optique dans le domaine temporel (OTDR)), pour déterminer l'endroit de la coupure. Cet instrument injecte une puissance laser dans la fibre qui subit l'essai. Par conséquent, même si l'émetteur de télécommunications normal est à l'arrêt ou retiré, l'instrument de diagnostic pourrait ultérieurement appliquer de la puissance laser à la fibre.

Ces OTDR fonctionnent habituellement en Classe 1, donc ces sources ne présentent aucun danger potentiel. Toutefois, les systèmes de plus forte puissance ont une plus longue portée et peuvent nécessiter des OTDR de Classe 1M, de Classe 3R ou de Classe 3B pour détecter la coupure. Les signaux de l'OTDR peuvent également être amplifiés pour atteindre une classe plus élevée, s'ils passent par un système amplificateur optique.

Sauf pour les systèmes clés en main conçus pour être utilisés dans des zones à accès non limité, il est important qu'un professionnel de la sécurité laser ou que l'opérateur du STFO décide, pour chaque zone, (ou pour la totalité de l'étendue d'un réseau) du niveau de risque qu'il convient d'autoriser, en cohérence avec le niveau de la formation laser prodigué à son personnel et à d'autres personnes qui pourraient accéder à leur réseau. Les niveaux de risque 1M ou 3R sont souvent choisis parce que les instructions données au personnel d'exécution sont de ne pas utiliser les instruments optiques (de collimation) qui augmenteraient le risque et habituellement ils n'ont pas besoin d'examiner la fibre à une courte distance. Le niveau de risque 3B est acceptable dans les zones à accès contrôlé avec des conditions d'étiquetage et de connecteur correctes.

Ce paragraphe examinera le dispositif RAP dans plusieurs circonstances:

- dans les systèmes avec des amplificateurs optiques;
- sur une fibre aisément accessible dans une tablette à épissures;
- à un connecteur de fibres optiques;

- sur une fibre non aisément accessible dans un câble immergé/enterré;
- dans des zones à accès limité et à accès non limité;
- dans le cas des câbles rubans.

Pour les valeurs limites supérieures des longueurs d'onde types, voir l'Article D.3 et le Tableau D.1.

#### **D.4.3.1 Amplificateurs optiques**

Les amplificateurs optiques ont la possibilité de générer des niveaux de puissance optique importants. Les puissances de l'ordre de 500 mW et plus ne sont pas rares. Ceci peut avoir comme conséquence un risque potentiel sans utilisation de dispositif de protection. Pour cette raison, il est important que des moyens appropriés soient utilisés pour limiter ces niveaux de puissance lorsque l'on accède aux amplificateurs pour réparation ou maintenance. Prendre en considération les mécanismes ad hoc, comprenant de manière non exhaustive, le dispositif RAP pour réduire le niveau de risque et l'utilisation des connecteurs à obturateurs, peut être nécessaire.

#### **D.4.3.2 Dispositif RAP pour les systèmes d'amplification optique répartie**

Un dispositif RAP pour les systèmes d'amplification optique répartie (par exemple, Raman) est requis, non seulement sur les sources de signal principales, mais également sur les lasers à pompe. La réponse d'un tel système d'amplification optique répartie pourrait avoir des périodes temporelles plus courtes que d'autres systèmes (de puissance inférieure), en fonction de la puissance réelle de pompe, dans le système d'amplification Raman considéré.

#### **D.4.3.3 Fibre dans une tablette à épissures**

A mesure que les puissances augmentent dans un STFO, il est important que les opérations d'épissage sur des fibres potentiellement alimentées en énergie, de niveau de risque 3B, prennent en considération la sécurité de l'opérateur et il convient qu'un système d'épissage entièrement clos soit utilisé dans ce cas. S'il n'est pas prévu de faire l'épissage dans une enveloppe protectrice, la réduction automatique de puissance constitue une possibilité pour réduire le niveau de risque et, en conséquence, l'exposition.

#### **D.4.3.4 Systèmes équipés de connecteurs**

Un autre cas où l'accès à la fibre alimentée en énergie est raisonnablement prévisible, se manifeste lorsqu'un système alimenté en énergie a une ou plusieurs de ses fibres déconnectées d'un connecteur optique.

Un certain nombre de solutions existent, pour atteindre un niveau de risque plus sûr, lorsque les connecteurs optiques sont déconnectés. Par exemple, une solution mécanique qui peut être envisagée consiste à utiliser des connecteurs à obturateurs. Cette solution apporte un contrôle de l'exposition issue de connecteurs non accouplés, si les connecteurs satisfont aux caractéristiques de fiabilité décrites à l'Article D.5. Il convient que ces obturateurs fonctionnent en moins de 1 s dans les zones à accès non limité et en moins de 3 s dans les zones à accès limité et à accès contrôlé. (Il convient de noter que les obturateurs peuvent ne pas être utilisables ou souhaitables pour contrôler des niveaux de puissance optique dépassant les niveaux de risque 1M, 2M ou 3R. Dans ces situations, le dispositif RAP peut être la seule solution).

#### **D.4.3.5 Câbles immergés/enterrés pour systèmes sous-marins**

Certains systèmes sous-marins ont la possibilité de véhiculer des niveaux de puissance optique importants. Habituellement, un câble de fibres optiques est exposé à des dégradations sur sa partie immergée, mais pas sur sa partie enterrée dans le sol. Le câble de fibres étant immergé, un navire d'intervention approprié est nécessaire pour remonter le câble et pour le réparer, ce qui peut prendre des heures ou des jours. La réduction automatique de

puissance peut ne pas être appropriée ou réalisable pour ces systèmes, c'est pourquoi il peut être nécessaire d'utiliser des moyens de contrôle administratifs rigoureux, y compris des procédures d'arrêt manuel du laser. Ceci assurera que des conditions d'intervention correctes sont maintenues, à un niveau de risque inférieur à 4, comme cela est spécifié dans cette norme.

L'arrêt manuel du système dans des conditions de réparation/de maintenance ou d'entretien est actuellement pratiqué par de nombreux d'opérateurs en raison de l'énergie électrique dangereuse véhiculée par le câble immergé. Cette énergie électrique est utilisée pour alimenter les répéteurs sous-marins tout le long du câble. A l'avenir, pour les systèmes dépourvus de répéteurs, cette énergie électrique pourra ne plus exister dans le câble. Toutefois, il convient que la règle de travail consistant à couper l'énergie alimentant la fibre avant la remontée du câble soit toujours appliquée et maintenue, en raison des risques associés à l'énergie optique.

#### **D.4.3.6 Dispositif RAP pour les zones à accès limité et à accès non limité**

Les concepteurs des STFO doivent prendre connaissance des restrictions du 4.9 concernant les zones à accès limité et à accès non limité. Pour ces zones, il convient que les concepteurs envisagent l'intégration d'un dispositif RAP dans tout système qui peut exposer des personnes à la puissance optique de la Classe 3B ou plus. Il convient que des précautions appropriées de détection de coupure et de fiabilité soient prises au moment de la conception de ce système de réduction de puissance.

#### **D.4.3.7 Dispositif RAP pour les câbles rubans**

L'utilisation de câbles rubans peut placer un STFO à un niveau de risque plus restrictif. Il convient de réaliser une évaluation soigneuse du risque, comme cela est expliqué en D.4.5, et qu'un dispositif RAP approprié, des techniques d'obturation et d'épissurage soient évaluées et mises en œuvre en fonction du niveau de risque éventuellement accru et de l'emplacement du STFO.

#### **D.4.4 Câbles multi-fibres**

Le risque provenant de faisceaux de fibres cassées (c'est-à-dire non séparées) dans un câble de fibres optiques rompu n'est pas plus élevé que celui provenant de la fibre de ce câble qui présente le risque le plus élevé. Ceci a été montré par un nombre considérable de mesurages sur des extrémités de fibres cassées, en prenant en considération la réflexion et la diffusion aux extrémités des fibres, ainsi que l'alignement et les mouvements aléatoires de ces extrémités.

Ces mesurages et ces considérations se sont avérées être également applicables à une fibre cassée d'un câble ruban, mais pas à une fibre d'un tel câble clivé d'une seule pièce (voir D.4.5).

#### **D.4.5 Câble ruban**

Les extrémités des fibres d'un câble ruban fendu d'une seule pièce peuvent présenter un niveau de risque plus élevé que celui d'une fibre unique. Prenons comme exemple huit fibres dans un ruban, véhiculant chacune un niveau de puissance juste compris dans le niveau de risque 1M. Individuellement, elles sont d'un niveau de risque 1M, relativement sûr, mais le câble étant fendu d'une seule pièce, il se peut que le niveau de risque devienne 3B, présentant de ce fait un véritable risque pour l'œil. Ceci est dû aux faibles distances de centre à centre, de 150  $\mu\text{m}$  à 250  $\mu\text{m}$ , séparant les fibres d'un câble ruban type. La faible séparation angulaire de plusieurs fibres équidistantes conduit à un effet cumulatif. A la distance de mesurage de 100 mm, l'angle  $\alpha$  d'une fibre uni-modale est  $< \alpha_{\text{min}}$  pour une émission continue ( $\alpha_{\text{min}} = 1,5 \text{ mrad}$ ), (voir 8.3 c) de la CEI 60825-1).

L'angle sous-tendu du ruban dans son plan dépendra du nombre de fibres et de leur séparation (par exemple un ruban de huit fibres, avec des fibres espacées à 200 µm, sous-tendra un angle de 14 mrad à 100 mm). Cet angle dépasse  $\alpha_{\min}$  et le ruban est considéré comme une source étendue intermédiaire et la LEA de la source ponctuelle peut être multipliée par le facteur  $C_6$ . Il convient que toute dimension angulaire supérieure à  $\alpha_{\max}$  ( $\alpha_{\max} = 100$  mrad) ou inférieure à  $\alpha_{\min}$  (1,5 mrad) soit limitée à  $\alpha_{\max}$  respectivement à  $\alpha_{\min}$ , avant de calculer la moyenne.

La puissance totale autorisée dans les fibres du câble ruban est déterminée par la pire des combinaisons de toutes les fibres individuelles (pour plus de détails, voir la CEI 60825-1, Règles de classification pour les sources non circulaires et multiples).

#### D.4.5.1 Exemple de calculs relatifs aux fibres d'un câble ruban

Le câble ruban est constitué de huit fibres uni-modale individuelles équidistantes (de 200 µm). Quelle est la puissance de sortie maximale en émission continue en Classe 1 autorisée par fibre, pour une longueur d'onde a) de 1 310 nm et b) 1 550 nm ?

Solution pour a)

Il convient que les évaluations soient faites pour toutes les fibres prises individuellement ou pour un ensemble des fibres, ce qui est nécessaire pour s'assurer que la source n'excède pas la LEA pour chaque angle  $\alpha$  possible sous-tendu par chaque surface partielle, où  $\alpha_{\min} < \alpha \leq \alpha_{\max}$ . Le Tableau D.2 ci-dessous donne la LEA par combinaison de fibres, ainsi que la puissance autorisée maximale résultante, dans une fibre individuelle de la combinaison. La combinaison de deux fibres représente le cas le plus défavorable. Par conséquent, la puissance maximale pour une fibre individuelle du ruban est de 9,3 mW.

**Tableau D.2 – Relation entre le nombre de fibres dans un câble ruban et la puissance maximale autorisée (exemple)**

Combinaison (nbre de fibres)	1	2	3	4	5	6	7	8
$C_6$	1	1,2	1,9	2,5	3,2	3,9	4,5	5,2
$T_2$	10	10,07	10,31	10,55	10,8	11,06	11,32	11,59
LEA/mW	15,6	18,7	28,9	39	49	58,8	68,6	78,2
Limite résultante par fibre/mW	15,6	9,3	9,6	9,75	9,8	9,8	9,8	9,8

Solution pour b)

A 1 550 nm, le risque pour la cornée est prédominant. En conséquence, il n'y a aucun facteur de correction  $C_6$ . La puissance maximale par fibre est simplement la LEA correspondante pour une source, divisée par le nombre de fibres, c'est-à-dire  $10 \text{ mW}/8 = 1,25 \text{ mW}$ .

#### D.4.5.2 Problèmes relatifs aux câbles de fibres en ruban

La propriété additive des risques de rayonnement issus des sources constituées par les fibres du ruban signifie par conséquent que le niveau de risque d'une zone peut dépendre du choix du type de câble. Par exemple, il est irréalisable d'arrêter des systèmes essentiels, s'ils sont conçus pour une maintenance sans arrêt du système et si le niveau de risque résultant sur la zone n'est pas compatible avec le type de zone. Une solution sera requise pour réduire le risque si des fibres du ruban sont à utiliser dans ce réseau de fibres.

La solution peut ne pas être trop difficile. Comme les fibres du ruban rompu ne présentent pas de problème, seules les opérations de clivage et d'épissurage doivent être prises en compte. Le ruban disjoint, n'étant pas différent de la fibre normale, ne présente pas de problème non plus.

Si l'accès à l'extrémité de la fibre clivée et non disjointe peut assurément être empêché, comme le niveau de risque se rapporte aux limites d'émission accessible, l'augmentation du niveau de risque peut alors être évitée. Toute méthode devrait empêcher l'accès, dans des circonstances raisonnablement prévisibles (c'est-à-dire ne pas se limiter à une instruction «Ne pas regarder» !). Une possibilité pourrait consister à utiliser un outil de clivage qui resterait assujéti à l'extrémité clivée de la fibre jusqu'à ce qu'elle ait été insérée dans un appareil à épissurer le ruban, qui, de cette manière, en empêchera l'accès pendant l'ensemble de l'opération.

Une fois la fibre du ruban utilisée dans le réseau, il sera difficile de contrôler quel type de système lui est appliqué.

#### D.4.6 Diminution de puissance due aux diviseurs de puissance et aux pertes dans la fibre

Cette diminution de puissance peut être prise en considération, par exemple du côté client d'un réseau de distribution; le niveau de risque après une certaine longueur de fibre peut être inférieur à celui du point de concentration.

La Figure D.1 représente la disposition d'un réseau optique passif typique (PON).

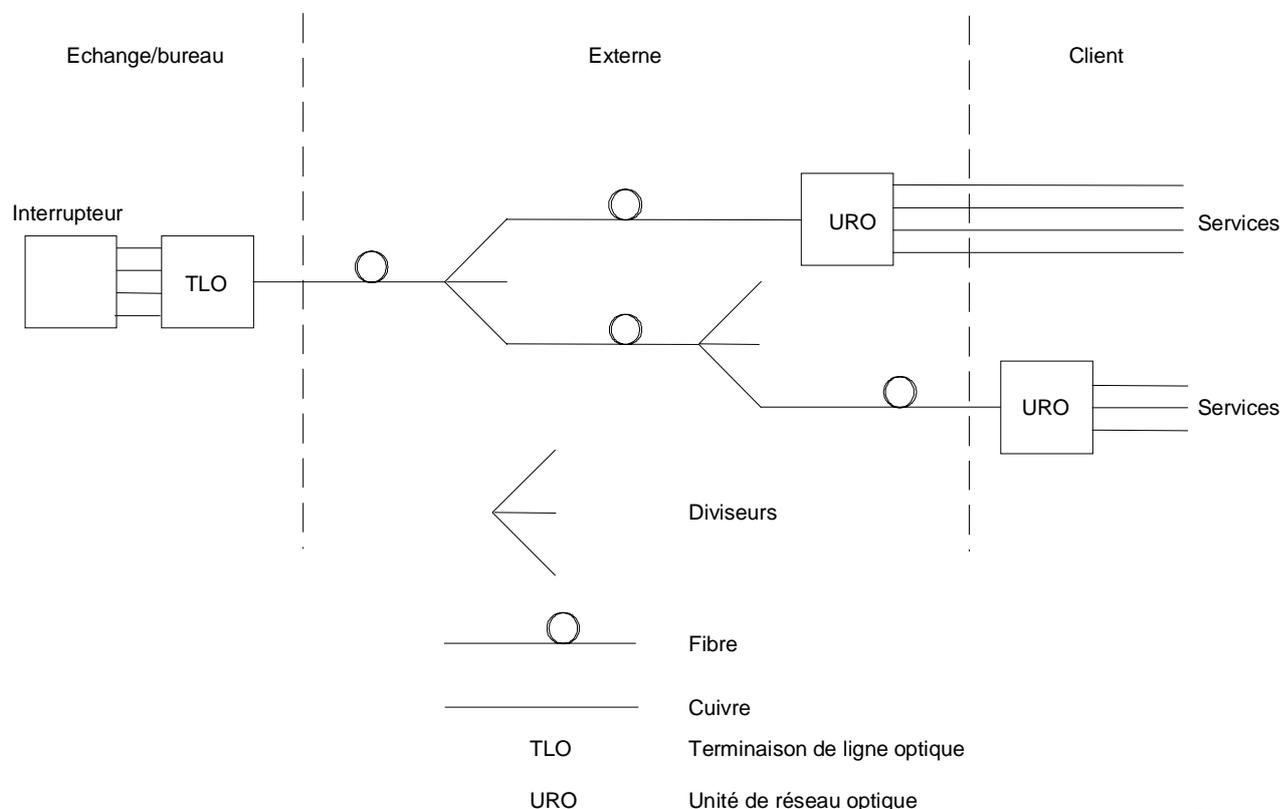


Figure D.1 – Système basé sur un ROP (passive optical network – réseau optique passif)

#### D.4.7 Considérations générales et exemples

- a) Il convient que l'évaluation des niveaux de risque prenne toujours en considération des conditions de défaut raisonnablement prévisibles (voir 4.8.3), résultant de défaillances aléatoires dans des composants du matériel et de défaillances systématiques (par exemple, défaillance du logiciel commandant la fonction RAP). Par conséquent, il peut être nécessaire d'inclure des conditions de défauts multiples: une détermination de la probabilité d'occurrence de ces conditions est à réaliser par l'organisme responsable.

NOTE Alors que la CEI 60825-1 se rapporte à des conditions de premier défaut, il peut être raisonnablement prévisible que plusieurs défauts vont se combiner pour provoquer une situation dangereuse.

- b) Les conditions de réglage/entretien peuvent donner lieu à un niveau de risque plus élevé (voir 4.5.4). Il convient que l'organisme et les personnes responsables prennent celles-ci en considération. Des exemples sont: l'injection d'une forte puissance ou d'impulsions amplifiées issues d'un réflectomètre optique dans le domaine temporel, dans un réseau de fibres en exploitation; une défaillance ou la désactivation d'un dispositif RAP (voir 4.7.1e).
- c) Le remplacement de composants, le changement de paramètres du système ou de la structure du réseau peut engendrer une modification des niveaux de risque. Des exemples sont: le remplacement de câbles conventionnels de fibres en faisceau par des câbles rubans (ceci peut se faire en l'absence de supervision directe du directeur du réseau); le changement du plan de modulation; le changement de circuits de l'émetteur affectant la puissance ou la longueur d'onde; l'adjonction/le remplacement d'amplificateurs optiques, etc.

#### D.5 Analyse des pannes – Explications et directives

L'analyse des pannes est nécessaire pour des systèmes dont la sortie optique dépend de l'intégrité d'autres composants et des caractéristiques de conception des circuits. Il est recommandé que le fabricant ou l'opérateur effectue une analyse des pannes.

##### D.5.1 Définitions

Au sens de cet Article D.5, les définitions suivantes s'appliquent:

##### FIT

indicateur de fiabilité défini comme étant le nombre de défaillances par  $10^9$  h

##### D.5.2 Analyse des pannes

Les niveaux de risque sont évalués dans des conditions raisonnablement prévisibles de défaut. Le but de l'analyse des pannes est d'identifier les défaillances dans les circuits de contrôle optiques, qui pourraient avoir des conséquences importantes en affectant le niveau de risque assigné. Par exemple, il est autorisé que des *lasers*, utilisés dans des zones de niveau de risque 1M, émettent une puissance optique dépassant la limite supérieure du niveau de risque 1M en conditions d'exploitation normale, si un dispositif RAP adéquat est fourni. Toutefois, en cas de coupure de fibre, le rayonnement accessible est réduit afin d'être dans les limites du niveau de risque 1M. Si, toutefois, un défaut de composant dans le circuit d'excitation du laser ou dans le dispositif RAP, devait entraîner un rayonnement dépassant les limites du niveau de risque 1M, un niveau de risque plus élevé devrait alors être assigné.

Un dispositif RAP peut comporter à la fois des composants matériels et logiciels: il convient que les deux types de composants soient pris en considération pour déterminer la fiabilité du dispositif RAP.

##### D.5.3 Niveaux de probabilité de panne

Aucun système n'est exempt de panne à 100 %, puisqu'il y a toujours une probabilité non nulle que des défaillances se produisent. Pour quantifier le risque d'exposition à un rayonnement dangereux, il convient qu'un STFO soit soumis à une analyse des pannes, en utilisant des techniques reconnues.

#### D.5.4 Techniques communément utilisées pour l'analyse des pannes

Les techniques communément utilisées pour l'analyse des pannes sont:

- la simulation des pannes qui pourraient survenir dans des conditions raisonnablement prévisibles;
- l'analyse des modes de panne, de leurs effets et de leur criticité (AMPEC) (voir la CEI 60812 [1]);
- l'analyse des conséquences (voir la série CEI 61508 [5]).

#### D.5.5 Analyse des modes de panne, de leurs effets et de leur criticité

Si la méthode d'analyse des pannes choisie est l'analyse des modes de panne, de leurs effets et de leur criticité, il convient alors que la probabilité de dépasser les limites d'émission accessible (dans des circonstances raisonnablement prévisibles) pour le niveau de risque cible, n'excède pas 500 FIT. Il est recommandé que le fabricant ou l'opérateur effectue une analyse des pannes.

NOTE Sur la base de 500 FIT et du temps de travail estimé qu'un ingénieur consacre aux fibres «actives» (alimentées en énergie) durant toute sa vie professionnelle, le taux d'incident relatif au risque de lésions à l'œil est inférieur à cinq HIT. (HIT est le nombre d'incidents relatif au risque, par  $10^9$  h. Par exemple, au Royaume-Uni, le Health and Safety Executive considère qu'un risque d'accident professionnel de moins de 5,43 HIT est insignifiant).

##### D.5.5.1 Exemple d'analyse AMPEC pour un circuit simple d'excitation d'un laser

Le but de l'analyse est de donner une mesure quantitative de la probabilité pour que la puissance optique dépasse la LEA de la Classe 1M. L'exemple suivant illustre une méthode recommandée.

Examinons le circuit simple de la Figure D.2.

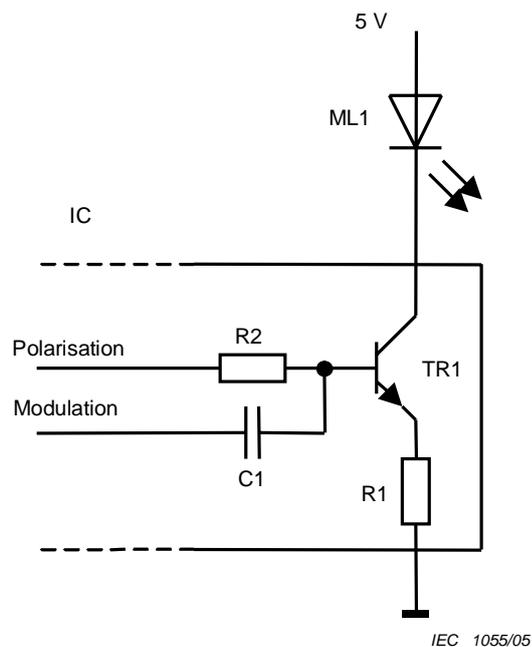


Figure D.2 – Circuit simple d'excitation d'un laser

### D.5.5.1.1 Etape 1: identifier les composants critiques

Identifier tous les composants qui affecteront probablement le module *laser*, à partir des schémas des circuits et des nomenclatures. Typiquement, ceux-ci incluent les circuits de commande de puissance moyenne, le modulateur de données et le générateur de polarisation de seuil. Inclure les circuits de réduction automatique de puissance (RAP) dans l'analyse, si la fonction du dispositif RAP est d'atteindre la classification prévue, ou s'il est possible qu'une défaillance de composant du dispositif RAP entraîne une augmentation significative de la puissance accessible.

### D.5.5.1.2 Etape 2: identifier les modes de défaillance des composants

Construire un tableau présentant les composants, leur repère circuit et leurs modes de défaillance les plus probables, comme cela est indiqué par le Tableau D.3 ci-dessous.

**Tableau D.3 – Identification des composants et des modes de défaillance (exemple)**

Repère circuit	Composant	Mode de défaillance	Bêta	Commentaires
LM1	Laser non refroidi	Augmentation de la sortie Diminution de la sortie Aucune sortie		
TR1	BFR 96 Mullard <500 mW NPN	Court-circuit Circuit ouvert		
R1	47R 2 % 0,25 W	Court-circuit Circuit ouvert Dérive de paramètre		
R2	3K9 2 % 0,25 W	Court-circuit Circuit ouvert Dérive de paramètre		
C1	0,47 µF 10 % 50 V	Court-circuit Circuit ouvert Dérive de paramètre		

La publication [2] du Centre d'Analyse de Fiabilité (RAC) du Département de la Défense des USA donne une liste des modes de défaillance probables. Inclure une colonne pour des commentaires et demander une explication concernant l'apparition probable de la défaillance aux ingénieurs consultés (voir l'étape 3).

### D.5.5.1.3 Etape 3: déterminer les valeurs Bêta

Les concepteurs des circuits ou les techniciens de réparation sont les personnes les plus compétentes à consulter pour cette tâche, puisqu'elle nécessite la connaissance de la façon dont fonctionne chaque composant dans le circuit.

Les valeurs Bêta dépendent de la criticité du mode de défaillance. Une analyse simple affecte une valeur numérique de probabilité à la valeur Bêta, en ne considérant que trois catégories, comme cela est illustré par le Tableau D.4.

**Tableau D.4 – Valeurs Bêta (exemple)**

Le mode de défaillance entraîne-t-il une puissance laser dépassant la LEA de la Classe 1M ?	Valeur Bêta
Oui	1
Non	0
Peut-être	0,5

Les ingénieurs consultés peuvent être à même de donner de meilleures évaluations des valeurs Bêta.

Dans la mesure où cela est possible, il est de bonne pratique de simuler les conditions de défaillance.

#### D.5.5.1.4 Etape 4: déterminer les taux de défaillance

L'étape suivante consiste à déterminer les taux de défaillance de base pour chaque composant et à les affecter aux modes de défaillance. Ces informations peuvent être obtenues, par exemple, à partir des sources suivantes:

- données obtenues par l'analyse des défaillances des équipements en service,
- le manuel BT des données de fiabilité, HRD5 [3] (qui donne des taux de défaillance intrinsèques pour des types de composants génériques, à la limite supérieure de confiance de 60 %),
- la publication du RAC [2] (qui liste la répartition des taux de défaillance par rapport aux modes de défaillance),
- la MIL-HDBK 217[17], et
- la publication RAC du NPRD [14].

Par exemple, le document HRD5 [3] donne le taux de défaillance de base ( $\lambda_{base}$ ) d'un transistor bipolaire au silicium à faible signal comme étant de huit FIT et la publication RAC donne la répartition des modes de défaillance ( $\alpha$ ) comme étant de 73 % pour des courts-circuits et de 27 % pour des circuits ouverts. Insérer les valeurs dans les colonnes appropriées de la feuille de calcul ci-après.

Déterminer le taux de défaillance du système en multipliant les colonnes horizontalement et ensuite ajouter verticalement. Le taux de défaillance global représente la probabilité du système de dépasser la classification prévue. Ceci est illustré par le Tableau D.5 suivant.

**Tableau D.5 – Détermination des taux de défaillance (exemple)**

Repère circuit	Composant	Mode de défaillance	Bêta	$\lambda_{base}$	$\alpha$	Produit	Commentaires
LM1	Laser non refroidi	Augmentation de la sortie	1	500	0,05	25,0	Peut être le fait d'un déplacement de la fibre Défaillance de la puce
		Diminution de la sortie	0	500	0,65	0	
		Aucune sortie	0	500	0,30	0	
TR1	BFR 96 Mullard <500 mW NPN	Court-circuit	1	8	0,73	5,84	$I_{laser}$ limité par R1 (peut être encore sûr, voir ci-dessous)
		Circuit ouvert	0	8	0,27	0	
R1	47R 2 % 0,25 W	Court-circuit	1	0,2	0,05	0,01	
		Circuit ouvert	0	0,2	0,84	0	
		Dérive de paramètre	0,5	0,2	0,11	0,01	
R2	3K9 2 % 0,25 W	Court-circuit	1	0,2	0,05	0,01	
		Circuit ouvert	0	0,2	0,84	0	
		Dérive de paramètre	0,5	0,2	0,11	0,01	
C1	0,47 $\mu$ F 10 % 50 V	Court-circuit	1	0,3	0,49	0,15	
		Circuit ouvert	0	0,3	0,29	0	
		Dérive de paramètre	0,5	0,3	0,22	0,03	
<b>Taux de défaillance global =</b>						31,06 FIT	

Dans cet exemple (en supposant l'existence d'un commun de 5 V), le courant maximal du laser est limité par R1 à environ 35 mA. Il est peu vraisemblable que cela ait comme conséquence le dépassement de la limite de la Classe 1M pour un laser de 1,5 µm. Dans d'autres cas, ceci n'est pas toujours applicable, et il convient de faire référence à la fiche technique du laser et aux valeurs des différents composants.

Dans des exemples similaires, où une défaillance de composant est significative seulement si elle est accompagnée de défaillances indépendantes simultanées d'autres composants, une simple addition des FIT de ces composants peut ne pas être appropriée.

### D.5.6 Analyse de conséquence

La série des normes CEI 61508, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/ électroniques programmables relatifs à la sécurité* [5] est un exemple d'une approche fondée sur des normes, pouvant être utilisée pour quantifier la fiabilité des systèmes de sécurité par réduction automatique de puissance (RAP). Dans la démarche spécifiée par la CEI 61508-1, les exigences relatives à un système de contrôle lié à la sécurité sont classés par catégories selon quatre niveaux d'intégrité de sécurité (SIL). En fonction du SIL, différentes exigences s'appliquent. Conformément à la CEI 61508-1, les défaillances aléatoires de matériel et les défaillances systématiques doivent être prises en considération.

- Les défaillances aléatoires de matériel peuvent être calculées en utilisant des données de fiabilité.
- Les défaillances systématiques tiennent compte de la possibilité de défaillances de conception, de défaillances dues aux contraintes environnementales ou à l'influence de l'environnement et de défaillances opérationnelles.

NOTE 1 La définition du SIL donnée par la CEI 61508-1 est la suivante: niveau discret (parmi quatre niveaux possibles) permettant de spécifier les exigences concernant l'intégrité de sécurité des fonctions de sécurité à allouer aux systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité; le niveau 4 d'intégrité de sécurité possède le plus haut degré d'intégrité, le niveau 1 le plus bas.

NOTE 2 Dans le cas où des dispositifs électroniques programmables seraient utilisés pour contrôler les niveaux de risque, il est recommandé d'appliquer la série CEI 61508. Si le système est purement matériel, il peut être analysé en utilisant des techniques familières, telle que l'AMPEC.

La norme donne plusieurs méthodes, à titre d'exemple, montrant comment un «secteur d'application», comme un STFO pourrait déterminer un niveau d'intégrité de sécurité recommandé pour des risques relatifs à un appareil spécifié. Ce qui suit est un exemple hypothétique et très conservateur d'une approche pour déterminer un niveau de SIL. Il est fondé sur la méthode du «graphe de risque» de l'Annexe D de la CEI 61508-5.

#### D.5.6.1 Exemple relatif à l'analyse de conséquence

Le **risque** (sans système de sécurité mis en place) est considéré comme étant une fonction de la **fréquence** de l'événement dangereux et des **conséquences** de l'événement. Pour cet exemple, une méthode dite du «graphe de risque» est utilisée pour déterminer la valeur du SIL. La figure ci-dessous est le graphe de risque tiré de l'une des normes de la série CEI 61508.

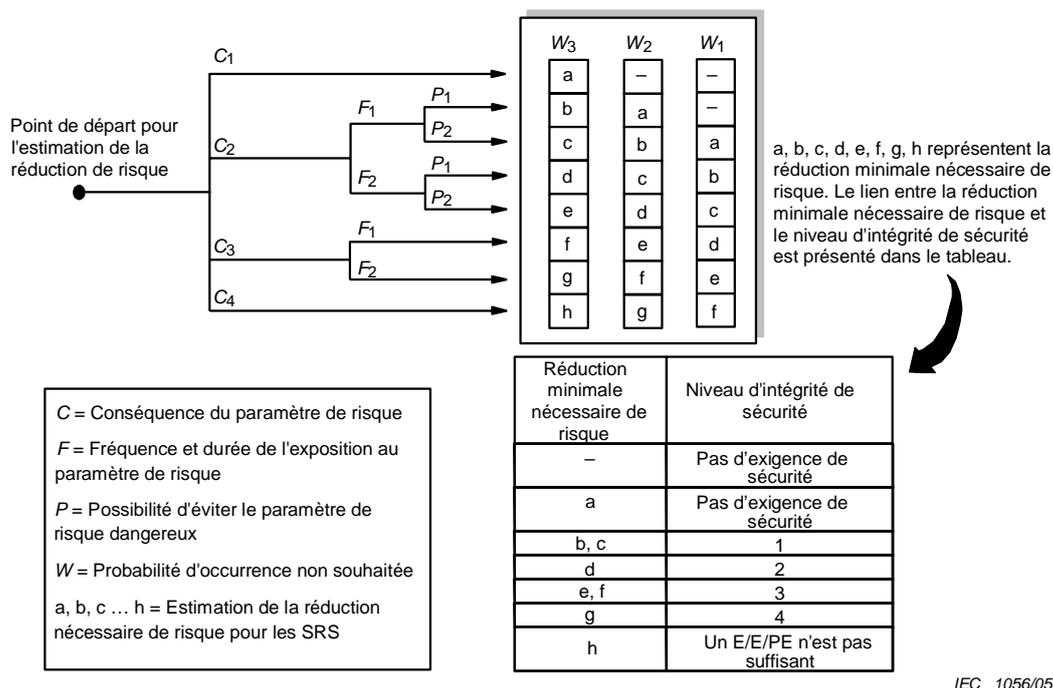


Figure D.3 – Exemple de graphe de risque tiré de la CEI 61508-5 Article D.5

#### D.5.6.1.1 Etape 1 – Evaluation de conséquence

Dans la CEI 61508, quatre niveaux de conséquence sont classés comme le montre le Tableau D.6 ci-dessous. Dans le cas d'un OFCS, pour des lésions à la peau ou à l'œil, le niveau de risque de Conséquence C<sub>2</sub> pourrait être affecté de manière très prudente.

Tableau D.6 – Classification des conséquences d'après la CEI 61508-5 Tableau D.1

Conséquence – Niveau de risque	Classification
C <sub>1</sub>	Lésion mineure
C <sub>2</sub>	Lésion sérieuse permanente touchant une ou plusieurs personnes; mortelle pour une personne
C <sub>3</sub>	Mort de plusieurs personnes
C <sub>4</sub>	Nombreuses personnes tuées

#### D.5.6.1.2 Etape 2 – Evaluation de fréquence

Dans la série des normes CEI 61508, la fréquence et le temps d'exposition dans la zone dangereuse doivent être évalués et il peut leur être affecté une des deux valeurs spécifiées par le Tableau D.7 ci-dessous. Une estimation très conservatrice pour un STFO exemple est une attribution du niveau de risque F<sub>2</sub>.

**Tableau D.7 – Classification de la fréquence d'après la CEI 61508-5 Tableau D.1**

Fréquence et durée d'exposition dans une zone dangereuse – Niveau de Risque	Classification
$F_1$	Exposition rare à fréquente dans une zone dangereuse
$F_2$	Exposition fréquente à permanente dans la zone dangereuse

#### D.5.6.1.3 Etape 3 – Evaluation de la possibilité d'éviter le risque

Dans la norme, la possibilité d'éviter l'événement dangereux peut être affectée d'une des deux valeurs spécifiées par le Tableau D.8 ci-dessous. Dans cet exemple, on attribue un niveau de risque  $P_1$ .

**Tableau D.8 – Classification de la possibilité d'éviter un risque d'après la CEI 61508-5 Tableau D.1**

Possibilité d'éviter les événements dangereux – niveau de risque	Classification
$P_1$	Possible sous certaines conditions
$P_2$	Presque impossible

#### D.5.6.1.4 Etape 4 – Evaluation de la probabilité de l'événement dangereux ayant lieu en l'absence de tout système lié à la sécurité

La dernière attribution consiste à évaluer la probabilité d'un l'événement dangereux ayant lieu en l'absence de système lié à la sécurité, c'est-à-dire la probabilité d'occurrence non souhaitée (voir Tableau D.9 ci-dessous). Pour cet exemple, les niveaux de risque de la plage  $W_1$ - $W_3$  sont attribués.

**Tableau D.9 – Classification de la probabilité d'occurrence non souhaitée d'après la CEI 61508-5 Tableau D.1**

Probabilité d'occurrence non souhaitée du niveau de risque	Classification
$W_1$	Une probabilité très faible que des occurrences non souhaitées surviennent ou seulement quelques occurrences non souhaitées sont probables
$W_2$	Une probabilité faible que des occurrences non souhaitées surviennent ou quelques occurrences non souhaitées sont probables
$W_3$	Une probabilité relativement forte que des occurrences non souhaitées surviennent ou il est probable que des occurrences non souhaitées surviennent fréquemment

#### D.5.6.1.5 Etape 5 – Mise en correspondance sur le graphe

La mise en correspondance de ces paramètres sur le graphe de risque (Figure D.3 ci-dessus) conduit, dans les conditions les plus conservatrices, à une attribution d'un niveau de fiabilité de SIL 1, relatif au danger pour la peau ou pour l'œil. (Les autres méthodes décrites dans la série des normes CEI 61508 convergent également vers un SIL 1, en utilisant les mêmes critères).

**D.5.6.1.6 Etape 6 – Détermination de la fiabilité du dispositif RAP**

Dans les étapes suivantes, seul le SIL 1 a été pris en compte. Pour les autres niveaux SIL, se référer à la série des normes CEI 61508. Pour ces niveaux SIL, il convient de prendre en considération, selon la CEI 61508-2, les défaillances aléatoires de matériel, la tolérance aux pannes de matériel et la part de défaillances non dangereuses.

Les SIL sont présentés comme deux jeux de plages de nombres – un jeu pour le mode de sollicitation fort et un jeu pour le mode de sollicitation faible, relatifs au dispositif de sécurité. Après installation, les systèmes à fibres optiques sont rarement perturbés, de toute manière cela pourrait involontairement rompre ou ouvrir le trajet optique. Par conséquent, un dispositif automatique de réduction de puissance (RAP) serait très peu fréquemment sollicité pour arrêter ou réduire la puissance optique. Dans la terminologie de la série des normes CEI 61508, le dispositif RAP fonctionnerait en «mode de sollicitation faible» (voir les définitions du Tableau D.10 ci-dessous).

NOTE Par exemple, les temps moyens entre défaillances pour des câbles à fibres optiques ont été déterminés comme étant dans la plage de 2 ans à plus de 160 ans. Voir les Tableaux 1 et 2 dans Cochrane and Heatley [18].

**Tableau D.10 – Modes de fonctionnement – Définitions tirées de la CEI 61508-4, point 3.5.12**

Terme	Définition
Mode de fonctionnement	Utilisation prévue d'un système relatif à la sécurité, en rapport avec la fréquence des demandes qui lui arrivent, pouvant être:
Mode demande (sollicitation) faible	Lorsque la fréquence des demandes de fonctionnement sur un système relatif à la sécurité n'est pas de plus de une par an et au plus égale à deux fois la fréquence des essais périodiques; ou
Mode de demande (sollicitation) élevée ou mode continu	Lorsque la fréquence des demandes de fonctionnement sur un système relatif à la sécurité est supérieure à une par an ou supérieure à la fréquence des essais périodiques.
NOTE 1 Le mode de demande (sollicitation) élevée ou continue couvre les systèmes de sécurité qui réalisent une commande continue pour maintenir la sécurité fonctionnelle (par exemple, une soupape de régulation de pression).	

Pour un système de niveau SIL 1, le taux de défaillance cible pour une situation dangereuse est compris entre  $10^{-1}$  et  $10^{-2}$ . Ce taux de défaillance cible peut être obtenu par plusieurs solutions. On peut citer comme exemples un dispositif RAP, des solutions mécaniques et une réduction de risque externe.

Dans cet exemple, le dispositif RAP est choisi et il convient que la probabilité du dispositif RAP de ne pas réduire la puissance soit inférieure à 0,1. (Voir le Tableau D.11 ci-dessous).

**Tableau D.11 – Valeurs SIL tirées de la CEI 61508-1 (paragraphe 7.6.2.9)**

Niveau d'intégrité de sécurité	Mode demande (sollicitation) faible (Probabilité moyenne de défaillance à réaliser la fonction de conception à la demande)
4	$\geq 10^{-5}$ à $< 10^{-4}$
3	$\geq 10^{-4}$ à $< 10^{-3}$
2	$\geq 10^{-3}$ à $< 10^{-2}$
1	$\geq 10^{-2}$ à $< 10^{-1}$

Pour ce qui concerne les défaillances aléatoires de matériel, le niveau SIL ou la probabilité de défaillance d'un système de réduction automatique de puissance est l'indisponibilité du dispositif RAP. Si le dispositif RAP est continuellement surveillé, avec des alarmes, pour avertir d'un dysfonctionnement du dispositif RAP ou s'il est périodiquement testé, cette indisponibilité est déterminée à la fois par la fiabilité de l'équipement RAP et le temps de réparation de l'opérateur (moyenne des temps de réparation ou MTTR) en cas d'une défaillance du dispositif RAP. La fiabilité d'un équipement est souvent exprimée en taux FIT (défaillances en 10<sup>9</sup> h). Soit l'équation suivante:

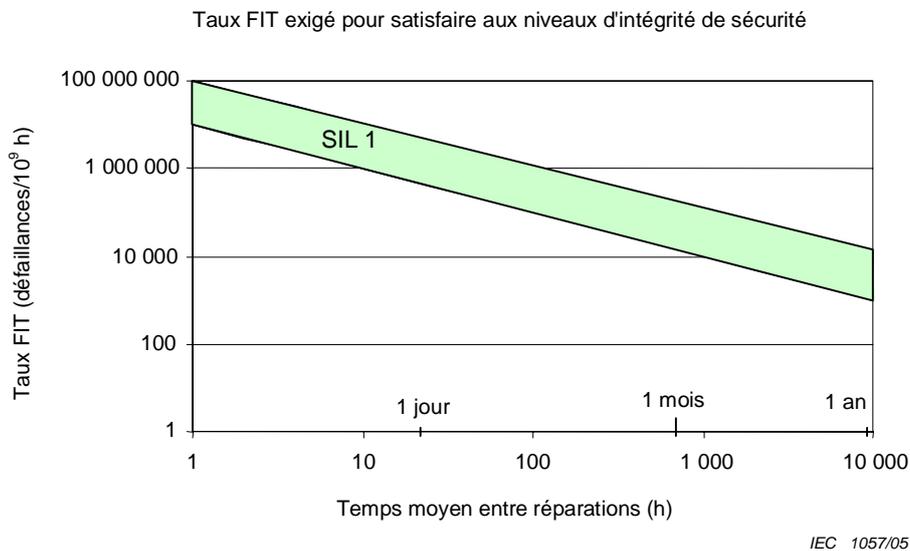
$$\text{niveau SIL} = \text{indisponibilité PAR} = \frac{\text{Taux FIT} \times \text{MTTR}}{10^9} \tag{D.1}$$

$$\text{donc taux FIT} = \frac{\text{Niveau SIL}}{\text{MTTR}} \times 10^9$$

où

*Niveau SIL* correspond aux défaillances par rapport à la demande,  
*MTTR* correspond au temps moyen de réparation en heures et  
 10<sup>9</sup> correspond à la conversion du taux de défaillance en défaillances/heure et des FIT en défaillances/10<sup>9</sup> h.

La Figure D.4 suivante montre le rapport entre le taux FIT et la moyenne des temps de réparation d'un système de sécurité défaillant. La plage relative aux systèmes de sécurité de niveau SIL 1 a été mise en évidence.



**Figure D.4 – Graphe du taux FIT et de la moyenne des temps entre réparations**

**D.5.6.1.7 Etape 7 – Réduction du risque provenant des défaillances systématiques**

Pour le SIL 1, les CEI 61508-2 et CEI 61508-3 recommandent fortement d'appliquer au moins les méthodes suivantes pour réduire des défaillances systématiques:

- a) surveillance des séquences de programme, par exemple, chien de garde, surveillance logique des séquences de programme, surveillance temporelle avec contrôle en ligne;
- b) conception du logiciel en utilisant les méthodes structurées, par exemple, JSD, MASCOT, SADT, Yourdon;

- c) mesures de protection contre les coupures de tension, les variations de tension, les surtensions, les basses tensions;
- d) séparation entre les lignes d'énergie électriques et les lignes d'informations;
- e) augmentation de l'immunité aux interférences;
- f) mesures de protection contre l'environnement physique, par exemple, la température, l'humidité, l'eau, les vibrations, la poussière, les substances corrosives;
- g) mesures de protection contre l'augmentation de la température, par exemple, sonde de température, ventilation régulée, fusible thermique, alarme de température, refroidissement à air forcé et indication d'état;
- h) séparation spatiale de plusieurs lignes véhiculant des signaux dupliqués;
- i) protection des modifications, par exemple, contrôle de vraisemblance de signaux ou détection par essais de mise en route automatique.

Pour de plus amples informations et des détails sur les méthodes mentionnées ci-dessus, voir la CEI 61508 [5], Parties 2 et 3.

#### D.5.6.1.8 Détermination du taux FIT

La fiabilité du dispositif RAP est un continuum qui dépend de l'usage responsable qui en est fait et de la maintenance de ces dispositifs. Pour les fonctions RAP avec un taux FIT très bas, aucune maintenance de la fonction RAP n'est requise, si l'appareil est maintenu hors service pendant la durée vie spécifiée de cette dernière. Pour tous les autres systèmes, l'indisponibilité du dispositif RAP, et par conséquent le taux FIT, dépend de la possibilité présentée par une défaillance quelconque du dispositif RAP à pouvoir être détectée et de pouvoir alerter un opérateur dans un temps raisonnable pour effectuer la réparation, ainsi que de la réactivité de l'opérateur à répondre à toute alarme qui indiquerait une défaillance dans le dispositif RAP.

Du fait que les fabricants d'équipements n'ont pas le contrôle de la maintenance de leurs systèmes, il peut être utile de proposer des taux FIT spécifiques – plutôt que la combinaison des SIL et des moyennes des temps de réparation (Figure D.4). Les fabricants sont susceptibles de fournir des dispositifs RAP qui, soit 1) subissent des essais de diagnostic fréquents ou continus (essais périodiques), soit 2) ne sont pas essayés ou ne sont pas surveillés. Pour ce qui concerne les essais de diagnostic continu, la surveillance et les alarmes, il est probable qu'une défaillance dans des systèmes de télécommunication par fibres optiques serait réparée en un jour, donc MTTR = 24 h. Les systèmes, qui ne font pas subir d'essais aux dispositifs relatifs à la sécurité, peuvent fonctionner sans surveillance pendant de longues périodes, mais parfois ces systèmes sont susceptibles d'être remis à niveau, réparés, essayés ou d'être remplacés tous les deux ans. Par conséquent, la moyenne des temps entre réparation peut parfois être considérée comme étant ( $10^4$  h) ou MTTR =  $10^4$  h, ce qui est de l'ordre d'un an.

**Tableau D.12 – Détermination de la classification de la surveillance d'un équipement**

Essais de diagnostic et surveillance du système lié à la sécurité	Classification	Temps moyen entre réparations
M <sub>1</sub>	Essais de diagnostic fréquents ou continus et surveillance exécutés sur le système lié à la sécurité.	1 jour (24 h)
M <sub>2</sub>	Aucune surveillance, mais essais de diagnostic fréquents.	1 an ( $10^4$ h)
M <sub>3</sub>	Aucune surveillance et aucun essai; le système est maintenu hors service avant la fin de vie spécifiée du dispositif RAP.	20 ans ( $2 \times 10^5$ h)

Avec ces informations, le taux FIT peut maintenant être déterminé. Comme exemple, soit un système de communication fonctionnant à 1 550 nm pour lequel la puissance optique en exploitation normale (aucun défaut détecté) dépasse la Classe 1M, mais est inférieure à la limite supérieure de la Classe 3B. Si on souhaite permettre à l'OFCS d'être exploité dans une zone à accès non limité. Pour faciliter ceci, il est nécessaire que le rayonnement accessible, dans des conditions de défaut raisonnablement prévisibles soit limité au niveau de risque 1, et, étant donné la classe de l'émetteur laser, un dispositif RAP est nécessaire. Il convient que le taux FIT maximal autorisé soit assigné comme étant la limite supérieure d'un système de niveau SIL 1. D'après l'équation (D.1) et la Figure D.4 ci-dessus, on peut voir que l'exigence minimale (c'est-à-dire le taux FIT maximal acceptable) serait  $4 \times 10^6$  FIT, pour un système avec diagnostic continu, avec une moyenne des temps entre réparations (MTTR) de 24 h,  $10^4$  FIT pour un système avec une MTTR de 1 an, et 500 FIT pour un système sans diagnostic continu.

Les spécifications du taux FIT peuvent, de manière similaire, être déterminées pour d'autres niveaux de risque de conséquence (voir la série CEI 61508).

**Tableau D.13 – Taux FIT de l'exemple ci-dessus**

Niveau d'intégrité de sécurité	Conséquence	Taux FIT		
		M <sub>1</sub> (Diagnostic continu)	M <sub>2</sub> (Essais fréquents)	M <sub>3</sub> (Pas de surveillance)
SIL 1	Graves lésions permanentes affectant une ou plusieurs personnes; décès d'une personne – par exemple, lésion rétinienne, léger incendie (C <sub>2</sub> )	$<4 \times 10^6$	$<10^4$	$<500$

## D.6 Règles de travail proposées

Les règles de travail suivantes peuvent être considérées comme des règles de bonnes pratiques et sont recommandées lors du travail sur un STFO. Différentes règles de travail peuvent s'appliquer dans différentes circonstances.

### D.6.1 Règles générales de travail

Les règles de travail suivantes peuvent être considérées comme étant de bons modes opératoires lors du travail sur un STFO:

- Observation d'une fibre      Ne pas regarder fixement, avec les yeux non protégés ou avec un dispositif de collimation non agréé, les extrémités de la fibre ou des parties frontales de connecteur, ou ne pas les pointer vers d'autres personnes.
- Instruments d'optique      N'utiliser que des instruments d'optique agréés, et filtrés ou apportant une atténuation.
- Extrémités de fibre (unique ou multiples)      Il convient que toute extrémité de fibre unique ou multiples non équipée(s) (par exemple, non accouplée(s), non épissurée(s)) soi(en)t individuellement ou collectivement recouverte(s) par un matériau approprié à la longueur d'onde et à la puissance, lorsque aucun travail n'est en cours sur cette ou ces extrémités. Il convient qu'elle(s) ne soi(en)t pas aisément visible(s) et que les extrémités effilées ne soient pas exposées.  
  
Parmi les méthodes de recouvrement appropriées, il y a l'utilisation d'un protecteur d'épissure ou d'une bande de protection. Toujours monter les embouts de protection sur les connecteurs non accouplés.

Fibres rubans	Ne pas cliver les fibres rubans pour constituer un ruban d'une seule pièce, ou utiliser des outils d'épissurage pour ruban, à moins qu'ils ne soient autorisés.
Cordons d'essai	Lorsque des cordons optiques d'essai sont utilisés, il convient de brancher la source optique de puissance en dernier et de la débrancher en premier.
Résidus de coupe de fibre	Rassembler tous les résidus de coupe de fibre et s'en débarrasser dans un conteneur approuvé. Il convient d'éliminer le conteneur lui-même d'une manière approuvée.
Maintenance	Ne suivre que des instructions approuvées pour exploiter et maintenir le système sur lequel un travail est en cours d'exécution.
Nettoyage	N'utiliser que des méthodes approuvées pour le nettoyage et la préparation des fibres optiques et des connecteurs optiques.
Modification	Ne pas réaliser de modifications non autorisées sur un STFO ou un matériel associé.
Prolongateurs de cartes	Il convient de ne pas utiliser de prolongateurs de carte sur des cartes d'émetteur optique. Ne pas mettre les sources optiques sous tension lorsqu'elles sont sorties des châssis d'émission.
Dégradation d'étiquette	Faire un compte rendu des étiquettes de sécurité optique endommagées ou manquantes à la hiérarchique en ligne directe.
Commande à clé	Pour les équipements avec commande à clé, il convient que les clés soient placées sous le contrôle d'une personne désignée par la direction; il convient que cette dernière s'assure de leur utilisation en toute sécurité, de leur stockage et en ait le contrôle global. Il convient que des clés de rechange soient conservées, avec des procédures de contrôle strictes, par un responsable hiérarchique de ligne, désigné.
Matériels d'essai	Utiliser des équipements d'essai de la classe la plus basse nécessaire et pratique pour la tâche considérée. Ne pas utiliser d'équipements d'essai d'une classe plus élevée que le niveau de risque de la zone considérée.
Signaux	Des signaux de mise en garde de zone sont exigés pour les zones dont le niveau de risque dépasse 1M. Des signaux de zone peuvent être présents dans des zones de classification inférieure.
Alarmes	Il convient que les informations provenant des systèmes d'alarme, particulièrement celles qui indiquent que le dispositif RAP ou tout autre dispositif de sécurité est hors service, soient traitées de manière que la réparation de ces dispositifs ait lieu dans le temps spécifié.

#### **D.6.2 Règles de travail en exploitation pour les niveaux de risque 1, 1M, 2, 2M et 3R**

Lorsqu'on travaille sur des systèmes en fonctionnement/alimentés (par exemple, lorsque des signaux optiques sont transmis le long de la fibre d'un STFO), il est recommandé d'utiliser les règles de travail énumérées en D.6.1.

#### **D.6.3 Règles de travail pour le niveau de risque 3B**

Il n'est pas recommandé de travailler sur un système alimenté (parfois désigné sous le terme «travail en exploitation») dans les zones à niveau de risque 3B.

Il convient qu'une sécurité adéquate et responsable des STFO et des programmes de formation soient établis et mis à jour par la direction. Il convient que le personnel impliqué dans l'installation et le réglage ou l'entretien des STFO observe toutes les règles, et rende compte à la direction de toutes les conditions potentiellement non sûres ou des expositions anormales au rayonnement optique.

Si le travail sur des systèmes en exploitation dans des zones de niveau de risque 3B n'est pas autorisé (comme décrit ci-dessus), il convient alors d'utiliser les règles de travail suivantes:

- toutes les règles générales définies en D.6.1;
- il convient de couper l'alimentation de l'équipement générant le rayonnement optique, ce qui coupe de ce fait l'alimentation du STFO (comme détaillé en D.6.4);
- vérifier qu'il n'y a aucune puissance optique dans la fibre en utilisant un appareil de mesure de la puissance optique agréé, capable de supporter sans dommage la puissance la plus élevée transmise dans le système.
- masquer les extrémités de toutes les fibres exposées sur lesquelles aucun travail n'est en cours. Toujours s'assurer que la puissance susceptible de sortir des connecteurs non accouplés est convenablement atténuée, en utilisant le mécanisme d'obturation intégré au connecteur ou un embout de protection;
- n'utiliser que des instruments optique d'observation indirecte (par exemple, machines d'épissurage avec affichage sur écran ou projecteur de profil). Ne pas utiliser de microscopes ou de loupes d'horloger sans autorisation;
- lorsque des cordons d'essai optiques sont utilisés, il convient de brancher la source optique de puissance en dernier et de la débrancher en premier.

#### **D.6.4 Procédure formelle de coupure et de rétablissement de puissance pour le niveau de risque 3B**

Il convient d'adopter la procédure suivante lorsqu'on coupe l'alimentation en énergie d'un STFO (si le travail sur les systèmes alimentés n'est pas autorisé).

- a) Il convient qu'une personne désignée, en charge d'une source optique de puissance:
  - ait été formée à un niveau approprié sur le type d'équipement qui doit être mis en marche et arrêté;
  - connaisse et soit familière avec les instructions et les exigences de sécurité concernant le paragraphe précédent et avec toute instruction et circonstance locales complémentaire;
  - ait une attitude responsable vis-à-vis de la sécurité.
- b) Il convient que les personnes désignées soient nommées par la hiérarchie directe et soient avisées de leur nomination.
- c) Il convient qu'une liste des personnes désignées sur chaque installation soit consignée et affichée bien en évidence.
- d) Avant de commencer le travail, il convient que la personne autorisée à mener à bien les travaux (le demandeur):
  - contacte une personne désignée, en charge de la source optique de puissance concernée et demande que la puissance sur les fibres concernées soit coupée;
  - sur les systèmes duplex, contacte une personne désignée soit contactée à chaque extrémité;
  - lorsqu'elle est informée que la puissance a été coupée, remplisse les formulaires nécessaires, qu'il convient que le demandeur conserve. Il n'est pas nécessaire de remplir ces formulaires si le demandeur et la personne désignée sont la même personne;
  - vérifie (avec un dispositif d'identification montrant que la fibre est ou n'est pas alimentée ou un appareil de mesure de puissance optique) que la puissance est coupée;
  - informe, à la fin du travail, une personne désignée en charge de la ou des sources optique de puissance concernées.

- e) A la réception d'une sollicitation d'un demandeur de couper une source optique de puissance, il convient que la personne désignée:
- consigne/enregistre l'heure et la date de la demande et les références du demandeur. Il convient que les formulaires soient conservés en archives sur la zone de la source optique;
  - coupe la source de puissance appropriée (avec la commande à clé, si installée);
  - remplisse l'étiquette de mise en garde et l'appose sur l'équipement approprié du poste au point de déconnexion, par exemple, armoire à équipements, châssis de répartition, et ceci pour chaque demandeur;
  - contacte le demandeur et lui donne le numéro de bon de travail et le temps pendant lequel la source a été arrêtée;
  - étant informée de l'achèvement du travail, consigne ou enregistre convenablement les informations et retire des équipements l'étiquette de mise en garde avant de ré-alimenter ou réactiver la source. Lorsque plusieurs demandeurs sollicitent la coupure de la même source de puissance, il convient que la source ne soit pas ré-alimentée ou réactivée avant que tous les travaux ne soient terminés.

## D.7 Puissance de sortie maximale pendant l'arrêt

Le Tableau D.14 donne la liste des puissances de sortie maximales (mW), pendant le temps d'arrêt, pour un STFO uni-modal qui s'arrête pour abaisser les limites de niveau de risque en 1 s pour des zones à accès non limité et en 3 s pour des zones à accès limité et à accès contrôlé (voir 4.8.2). Conformément à l'Annexe B, il convient que les exigences techniques soient employées à bon escient pour ce niveau de risque plus faible.

L'équation utilisée pour obtenir le Tableau D.14 était:

$$DNRO = \frac{\omega_0 \pi d}{2\sqrt{2} \lambda} \times \frac{1}{\sqrt{\ln \left( \frac{P}{P - \frac{\pi d^2 EMP}{4t}} \right)}}$$

Une autre forme de cette équation est:

$$P = \frac{\pi d^2 EMP}{4t} \times \frac{1}{1 - \exp \left[ -0,125 \left( \frac{\pi \omega_0 d}{\lambda DNRO} \right)^2 \right]}$$

où

$\omega_0$  est le diamètre de champ de mode (densité de puissance  $1/e^2$ ) (m);

$P$  est la puissance totale dans la fibre (W);

$d$  est le diamètre du diaphragme limite (m);

$EMP$  est l'exposition maximale permise ( $Jm^{-2}$ );

$DNRO$  est la distance nominale de risque oculaire (m);

$t$  est le temps d'arrêt (s);

$\lambda$  est la longueur d'onde (m).

**Tableau D.14 – Exemples de limites de puissance pour un système de télécommunication par fibres optiques ayant une réduction automatique de puissance pour réduire les émissions à un niveau de risque plus faible**

Longueur d'onde nm	Diamètre de champ de mode de la fibre $\mu\text{m}$	Puissance de sortie maximale, accès non limité mW	Puissance de sortie maximale, accès limité mW	Puissance de sortie maximale, accès contrôlé mW	Temps d'interruption s	Distance de mesurage m
980	7	9,4	9,4	–	1	0,1
980	7	N/A	7,2	–	3	0,1
980	7	N/A	–	39	3	0,25
1 310	11	78	78	–	1	0,1
1 310	11	N/A	59	–	3	0,1
1 310	11	N/A	–	314	3	0,25
1 400 ... 1 500	11	1 598	1 598	–	0,3	0,1
1 400 ... 1 500	11	650	650	–	1	0,1
1 400 ... 1 500	11	N/A	389	–	2	0,1
1 400 ... 1 500	11	N/A	288	–	3	0,1
1 400 ... 1 500	11	N/A	–	2403	2	0,25
1 400 ... 1 500	11	N/A	–	1 774	3	0,25
1 550	11	2 539	2 539	–	0,5	0,1
1 550	11	1 273	1 273	–	1	0,1
1 550	11	N/A	639	–	2	0,1
1 550	11	N/A	428	–	3	0,1
1 550	11	N/A	–	2 640	3	0,25

NOTE 1 Les paramètres de fibre utilisés représentent le cas le plus conservateur. Les valeurs données pour  $\lambda = 1\ 310\ \text{nm} \dots 1\ 550\ \text{nm}$  sont calculées pour une fibre de diamètre de champ de mode de 11 microns (MFD) et celles données pour  $\lambda = 980\ \text{nm}$  le sont pour un MFD de 7 microns.

De nombreux systèmes fonctionnant à 1 550 nm utilisant des amplificateurs à fibre dopée à l'erbium (EDFA), pompés par des lasers 1 480 nm ou 980 nm, utilisent des fibres de transmission avec de plus petits MFD. Par exemple, des câbles de fibres à divergence modifiée à 1 550 nm ont des valeurs limites supérieures de MFD de 9,1 microns. Dans ce cas, les sorties maximales de puissance pour des zones à accès non limité et à accès limité à 1 480 nm et à 1 550 nm sont 1,44 fois les valeurs du Tableau D.14, et celles pour des zones à accès contrôlé à 1 480 nm et à 1 550 nm sont 1,46 fois les valeurs du même tableau.

NOTE 2 Les durées de temps données dans le tableau sont des exemples; une interruption à n'importe quel moment d'une durée plus courte que la durée maximale est autorisée et peut permettre l'utilisation de puissances plus élevées (les temps maximaux sont respectivement de 1 s pour les zones à accès non limité et de 3 s pour des zones à accès limité et à accès contrôlé.)

## **Annexe E** (informative)

### **Lignes directrices pour les réglages ou l'entretien et la maintenance**

#### **E.1 Essais et mesures**

**E.1.1** Il convient de considérer les essais, les mesures et les interventions dans les conduits de câbles et dans les centres de commutation comme des opérations de réglage/entretien ou de maintenance. Dans la mesure du possible, il convient d'effectuer les essais de diagnostic de manière à ne pas augmenter le niveau de risque dans une zone, quelle que soit cette dernière. Il peut être nécessaire d'avoir des moyens de contrôle administratifs qui, dans certains cas, peuvent impliquer un système d'autorisation de travail. Lors de la connexion d'un équipement d'essai, il convient, comme il se doit, de faire attention en établissant les niveaux réels de puissance injectés dans le système, en évaluant le risque.

**E.1.2** Il convient que l'organisme d'exploitation établisse et maintienne des conditions clairement définies dans lesquelles le dispositif de réduction automatique de puissance peut être désactivé.

Lorsque le dispositif de réduction automatique de puissance a été désactivé, il convient que le niveau de risque soit réévalué par l'organisme d'exploitation. Il convient que les mesures de sécurité idoines, décrites en 4.5 et paragraphes associés, soient considérées comme devant être prises en compte pour réévaluer le niveau de risque.

**E.1.3** Il convient que tout instrument optique d'observation, utilisé pour des examens de fibre et l'épissurage, soit choisi de sorte qu'il réduise l'exposition au-dessous de l'exposition maximale permise (EMP) ad hoc et que son utilisation soit approuvée par l'organisme d'exploitation.

NOTE Le marquage, avec une étiquette, de l'instrument optique d'observation agréé, par l'organisme d'exploitation, peut être une solution acceptable.

**E.1.4** Dans le cas où cela serait raisonnablement réalisable en pratique, il conviendrait que les réglages ou l'entretien, la maintenance et les réparations soient effectués sans aucune puissance se propageant dans la fibre. Dans le cas où cela ne serait pas raisonnablement réalisable en pratique, il conviendrait que le système fonctionne à la plus faible puissance compatible avec les besoins fonctionnels.

**E.1.5** Il convient que l'organisme d'exploitation établisse des règles de travail empêchant l'exposition humaine à un rayonnement supérieur à l'EMP concernée.

#### **E.2 Mesures de sécurité**

##### **E.2.1 Remarques générales**

**E.2.1.1** Dans les zones où, pendant les réglages, l'entretien ou la maintenance, un rayonnement optique ou laser supérieur aux niveaux de l'EMP peut être trouvé (par exemple pendant la commutation, dans des zones à accès contrôlé), il convient d'offrir une protection adéquate de l'œil.

**E.2.1.2** Avant de travailler sur un câble ou un réseau à fibres optiques, il convient que l'utilisateur final vérifie le niveau de risque dans les zones accessibles. Dans le cas de systèmes installés et activés, il convient que le niveau de risque soit identifié dans les zones accessibles, par des étiquettes de mise en garde. Il convient que des précautions adaptées au niveau de risque soient prises sur les systèmes connus pour être, ou devenir, opérationnels. Pendant l'installation, il se peut que les étiquettes de niveau de risque n'aient pas encore été fournies et, en leur absence, il convient de prendre des précautions adaptées à la classification de tout émetteur ou de tout équipement d'essai contenant des sources optiques reliées à la fibre.

**E.2.1.3** Pendant l'installation ou les essais d'un câble ou d'un réseau à fibres optiques, il est recommandé de n'utiliser que les seuls équipements d'essai ayant une sortie réputée comme étant de niveau de risque 1, 1M, 2 ou 2M selon la CEI 60825-2 ou de Classe 1, 1M, 2 ou 2M selon la CEI 60825-1.

Pour les systèmes de télécommunication par fibres optiques situés dans une zone à accès limité ou dans une zone à accès contrôlé, il est possible d'utiliser des équipements d'essai avec des puissances optiques de sortie plus élevées, à condition que les extrémités accessibles des fibres et les connecteurs, dans toutes les zones, soient sécurisés et étiquetés, en indiquant le niveau de risque approprié, avant de procéder aux essais.

**E.2.1.4** Il convient que les points d'entrée des zones contrôlées avec un niveau de risque 3B possèdent:

- un signal portant une plaque de mise en garde conforme à la Figure 1 de la CEI 60825-1 et une plaque explicative conforme à la Figure 2 de la CEI 60825-1 portant les mots «niveau de risque 3B»;
- un signal limitant l'accès aux seules personnes autorisées et expliquant l'existence d'un risque potentiel.

**E.2.1.5** Il convient que chaque personne impliquée dans l'exploitation, l'installation ou les réglages/l'entretien d'un STFO:

- observe toutes les règles, procédures et pratiques établies pour une exploitation du STFO en toute sécurité;
- informe immédiatement le conducteur de travaux des conditions ou des pratiques qui présentent des possibilités potentielles de provoquer des atteintes aux personnes ou des dommages matériels;
- fasse immédiatement un compte rendu au conducteur de travaux de toute exposition au rayonnement optique anormale, connue ou suspectée.

## **E.2.2 Mesures dans les zones avec des niveaux de risque 1M, 2M, 3R et 3B**

**E.2.2.1** Dans la mesure du possible, il convient que les équipements optiques de transmission ou d'essai soient arrêtés, mis dans un état de faible puissance ou débranchés, avant d'effectuer un travail quelconque sur des fibres dénudées, des connecteurs etc.. Dans ce cas, il convient d'empêcher la mise en marche involontaire par un commutateur de commande à distance ou une autre méthode convenable. Il convient d'indiquer clairement l'état de la ligne (marche ou arrêt).

**E.2.2.2** Il convient d'enseigner aux personnes ayant accès à toute extrémité alimentée de la fibre ou toute face d'un connecteur de ne pas regarder directement ces points. Dans toutes les circonstances, il convient de n'utiliser que les instruments optiques d'observation qui présentent le niveau d'atténuation suffisant.

**E.2.2.3** Il convient que seul le personnel ayant suivi un cours de formation à la sécurité des fibres optiques soit autorisé à travailler sur un STFO, dans une zone de niveau de risque 3B.

**E.2.2.4** Il convient que le personnel installant, exploitant ou maintenant un STFO et tout équipement d'essai associé dans les zones de niveau de risque 3B, s'assure que le personnel non formé est également correctement protégé.

**E.2.2.5** Il est possible que des points du système à fortes pertes puissent être soumis à des températures élevées quand des niveaux de puissance extrêmement élevés (centaines de mW à plusieurs W) sont injectées dans la fibre.

NOTE Un exemple d'un tel système est celui qui utilise une technologie d'amplification Raman distribuée.

La température élevée peut conduire à des situations dangereuses dans les équipements et dans les bureaux. C'est pourquoi, dans les systèmes qui transmettent habituellement une puissance extrêmement élevée, l'action suivante est recommandée: Il convient de nettoyer très soigneusement les connecteurs, de telle manière que les pertes induites en tout point par les connecteurs, les épissures ou les courbures soient réduites autant qu'il est possible.

### **E.2.3 Programme de formation**

Il convient que l'employeur du personnel installant ou maintenant un STFO établisse et entretienne un programme approprié de maîtrise des dangers relatifs aux fibres optiques. Il convient que les programmes relatifs à la sécurité et à la formation soient institués pour le personnel travaillant sur des systèmes de télécommunication par fibres optiques de niveau de risque 3B. Il convient que ces programmes soient dirigés par des personnes compétentes dans le domaine de la sécurité des lasers et des STFO. Il convient que les programmes traitent, au minimum:

- des informations de base sur le STFO;
- des informations de sécurité concernant le système de classification des lasers et des Niveaux de Risque.

## **Annexe F** (informative)

### **Clarification de la signification du terme «Niveau de Risque laser»**

Dans cette annexe, la différence entre la «Classe laser» définie dans la CEI 60825-1 et le «Niveau de Risque», défini dans la CEI 60825-2 est explicitée.

#### **F.1 Classe**

Le terme «Classe» renvoie à un schéma fondé sur les niveaux d'émission, dans lequel des appareils ou les émetteurs internes à ces appareils peuvent être regroupés du point de vue de leur sécurité. Ces niveaux sont décrits dans les tableaux de limites d'émission accessible de la CEI 60825-1. Les classes vont de la Classe 1, qui est sûre dans des conditions raisonnablement prévisibles, à la Classe 4, qui est potentiellement le cas le plus dangereux. Dans la CEI 60825-1, la classification des appareils est fondée sur des conditions d'exploitation raisonnablement prévisibles, comprenant des conditions de premier défaut.

#### **F.2 Niveau de risque**

Le «Niveau de Risque» est un terme utilisé dans cette norme, qui se rapporte au risque potentiel lié aux émissions laser à un endroit quelconque dans un système de télécommunication par fibres optiques de bout en bout, qui peut être accessible pendant l'utilisation ou la maintenance, ou dans l'éventualité d'une défaillance ou d'une déconnexion de fibre. L'évaluation du niveau de risque utilise les tableaux de limites d'émission accessible des classes donnés dans la CEI 60825-1. L'évaluation du niveau de risque est décrite en 4.8.1. L'évaluation peut être une mesure réelle ou être basée sur le calcul des puissances d'émission et de constantes de temps connues.

L'Annexe A de cette norme donne l'éclaircissement supplémentaire suivant: un STFO complet ne sera pas classé comme le demande la CEI 60825-1. Ceci vient du fait que pour l'exploitation prévue, le rayonnement optique est totalement confiné et il peut être avancé qu'une interprétation rigoureuse de la CEI 60825-1 donnerait l'attribution d'une Classe 1 à tous les systèmes, ce qui pourrait ne pas refléter précisément le risque potentiel. A partir de cette indication, un STFO complet peut être considéré comme un appareil à laser de Classe 1 parce que, dans des conditions normales, les émissions sont complètement confinées (comme une imprimante laser) et aucune lumière ne devrait être émise à l'extérieur du capot de protection. Ce n'est pas uniquement lorsque la fibre se casse ou qu'un connecteur optique est débranché qu'il est possible que quelqu'un soit exposé à un niveau de rayonnement optique potentiellement dangereux (si les émetteurs internes ou les sorties d'amplificateurs sont d'assez forte puissance).

Par conséquent, le niveau de risque doit être évalué pour chaque port optique de sortie. Les limites de niveau de risque dépendent du domaine de longueurs d'onde «dominante», en prenant en considération que la CEI 60825-1 définit différentes limites pour différents domaines de longueurs d'onde. Des détails peuvent être trouvés dans la CEI 60825-1. En outre, la présente norme permet d'utiliser des techniques de réduction automatique de puissance (RAP) pour obtenir un niveau de risque plus faible (moins dangereux), basées sur la puissance normale dans la fibre et la vitesse de la réduction automatique de puissance.

### F.3 Justification des définitions 3.1, 3.4 à 3.11 et de l'Article 4

De grandes parties d'un STFO peuvent parfois être classées comme «non accessibles dans des conditions raisonnablement prévisibles».

### F.4 Justification du 4.8.1 et du 4.8.2

La philosophie de ces articles est fondée sur des hypothèses qui existent déjà dans les Parties 1 et 2 de la CEI 60825.

L'article demande que l'EMP ne soit pas dépassée si une personne quelconque est exposée au rayonnement émergeant du port ou de la rupture, à partir de l'instant de la coupure ou de la déconnexion. Il est supposé que la puissance reste constante, à sa valeur maximale, jusqu'à ce que le temps d'interruption se soit écoulé.

#### a) Zones à accès non limité

L'arrêt en 1 s pour des zones à accès non limité est cohérent avec le paragraphe 4.8.1 de la CEI 60825-2, qui déclare que «...l'évaluation du niveau de risque doit être faite 1 s après l'événement raisonnablement prévisible...». La distance de 100 mm est cohérente avec le Tableau 11 de la CEI 60825-1. Même si une fibre est coupée intentionnellement, il est très peu probable qu'en moins de 1 s, une personne puisse s'en approcher à moins de 100 mm et positionner un instrument d'optique collimateur, susceptible de l'exposer dangereusement. En outre, on doit garder à l'esprit que les signaux optiques sont atténués au fur et à mesure de leur progression le long de la fibre, ainsi la puissance de sortie au niveau de la défaillance dans la zone à accès non limité peut être considérablement inférieure à celle issue de l'émetteur ou de l'amplificateur.

#### b) Zones à accès limité:

L'arrêt de 3 s pour les zones à accès limité est également cohérent avec le paragraphe 4.8.1, si l'on suppose qu'une défaillance quelconque du système dans une zone à accès limité serait de nature accidentelle et la limite de 3 s pour l'arrêt serait une période de temps acceptable «après l'événement raisonnablement prévisible». Il est également très peu probable que dans cette période de temps, une personne puisse s'en approcher à moins de 100 mm et positionner un instrument d'optique collimateur, susceptible de l'exposer dangereusement. De plus, on doit garder à l'esprit que les signaux optiques sont atténués au fur et à mesure de leur progression le long de la fibre, ainsi la puissance de sortie au niveau de la défaillance dans la zone à accès limité peut être considérablement inférieure à celle issue de l'émetteur ou de l'amplificateur.

#### c) Zones à accès contrôlé:

Les personnes travaillant dans des zones à accès contrôlé doivent avoir reçu une formation adéquate dans le domaine de la sécurité laser, et il convient que cette formation fasse bien comprendre que l'observation d'une fibre cassée ne devrait pas être entreprise, sauf si le système a été correctement désactivé.

### Justification relative à l'Article D.5

L'Annexe D est informative. L'emploi du terme «recommandé» peut être interprété de façon inexacte comme étant une interdiction d'utiliser des méthodes alternatives d'analyse. La méthode d'analyse des pannes et l'adoption d'un niveau de sécurité convenable est la prérogative de l'utilisateur.

## Bibliographie

- [1] CEI 60812, *Techniques d'analyse de la fiabilité des systèmes – Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)*
- [2] *Failure Mode/Mechanism Distributions 1991*, FMD-91. Reliability Analysis Center, US Dept of Defense, 1991. [Prepared by: Reliability Analysis Center, PO Box 4700, Rome NY]
- [3] *BT Handbook of Reliability Data for Components Used in Telecommunications Systems*, 1995, Issue 5 [Copies available from: ILI Index House, Ascot, Berkshire SL5 7EU]
- [4] UKAS Document NIS 20: *Uncertainties of Measurement for Electrical Product Testing Draft 2*, Jan 1992
- [5] CEI 61508 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité*
- [6] CEI 60794-1-1, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-1: Spécification générique – Généralités*
- [7] CEI 60794-1-2, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-2: Spécification générique – Procédures de base applicables aux essais des câbles optiques*
- [8] CEI 60794-2, *Câbles à fibres optiques – Partie 2: Câbles intérieurs – Spécification particulière*
- [9] CEI 60794-3, *Câbles à fibres optiques – Partie 3: Spécification intermédiaire – Câbles extérieurs*
- [10] CEI 60794-4-1, *Câbles à fibres optiques – Partie 4-1: Câbles optiques aériens pour lignes électriques de haute tension*
- [11] CEI 60794-3-10, *Câbles à fibres optiques – Partie 3-10: Câbles extérieurs – Spécification de famille pour les câbles optiques de télécommunication destinés à être installés dans des conduites ou à être directement enterrés*
- [12] CEI 60794-3-20, *Câbles à fibres optiques – Partie 3-20: Câbles extérieurs – Spécification de famille pour les câbles optiques de télécommunication aériens autoporteurs*
- [13] CEI 60950-1:2001, *Matériels de traitement de l'information – Sécurité – Partie 1: Prescriptions générales*
- [14] Nonelectronic parts reliability data 1995, NPRD-95. Reliability Analysis Center (US Dept of Defense, 1995. [Prepared by Reliability Analysis Center, PO Box 4700, Rome NY]
- [15] ITU-T Recommendation G.664, *Optical safety procedures and requirements for optical transport systems*
- [16] CEI 60825-12, *Sécurité des appareils à laser – Partie 12: Sécurité des systèmes de communications optiques en espace libre utilisés pour la transmission d'informations*
- [17] MIL-HDBK-217F, *Reliability Prediction Of Electronic Equipment*
- [18] COCHRANE, P. and HEATLEY, DJT. Reliability Aspects of Optical Fibre Systems & Networks. *BTTJ Special Issue on Future Telecommunication Systems & Networks*, No. 2, April 1994, Vol 12, pp. 77-92, [also found at: <http://innovate.bt.com/people/heatledj/papers/reliability/reliability>]
- [19] IEC/TR 60825-14, *Safety of laser products – Part 14: A user's guide (en anglais uniquement)*



INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
Fax: + 41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)