

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Fibre optic interconnecting devices and passive components –
Fibre optic spatial switches –
Part 1: Generic specification**

**Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques –
Commutateurs spatiaux à fibres optiques –
Partie 1: Spécification générique**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Fibre optic interconnecting devices and passive components –
Fibre optic spatial switches –
Part 1: Generic specification**

**Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques –
Commutateurs spatiaux à fibres optiques –
Partie 1: Spécification générique**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 33.180.20

ISBN 978-2-8322-1791-7

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

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references.....	6
3 Terms and definitions	7
3.1 Basic terms and definitions.....	7
3.2 Component definitions.....	8
3.3 Performance parameter definitions	9
4 Requirements	12
4.1 Classification	12
4.1.1 General	12
4.1.2 Type	13
4.1.3 Style.....	16
4.1.4 Variant.....	17
4.1.5 Normative reference extension	17
4.2 Documentation.....	18
4.2.1 Symbols.....	18
4.2.2 Specification system	18
4.2.3 Drawings	20
4.2.4 Test and measurement.....	20
4.2.5 Test reports	21
4.2.6 Instructions for use	21
4.3 Standardization system	21
4.3.1 Interface standards	21
4.3.2 Performance standards.....	21
4.3.3 Reliability standards.....	22
4.3.4 Interlinking.....	22
4.4 Design and construction	24
4.4.1 Materials.....	24
4.4.2 Workmanship.....	24
4.5 Quality.....	24
4.6 Performance	24
4.7 Identification and marking.....	24
4.7.1 General	24
4.7.2 Variant identification number	24
4.7.3 Component marking	25
4.7.4 Package marking	25
4.8 Packaging.....	25
4.9 Storage conditions	25
4.10 Safety.....	25
Annex A (informative) Example of magneto-optic effect (MO) switch technologies	27
Annex B (informative) Example of mechanical switch technologies.....	28
Annex C (informative) Example of micro-electromechanical system (MEMS) switch technologies	29
Annex D (informative) Example of thermo-optic effect (TO) technologies.....	30
Annex E (informative) Summary of definitions on switching time	33
Bibliography	34

Figure 1 – Representation of latency time, rise time, fall time, bounce time and switching time.....	12
Figure 2 – Single-pole, single-throw switch.....	14
Figure 3 – Transfer matrix for one input port and one output port.....	14
Figure 4 – Single-pole, throw switch.....	14
Figure 5 – Transfer matrix for one input port and N output ports.....	14
Figure 6 – N -port matrix switch.....	15
Figure 7 – Transfer matrix for N -ports switch.....	15
Figure 8 – Four-port switch without crossover.....	16
Figure 9 – Four-port switch with crossover.....	16
Figure 10 – Configuration A, a device containing integral fibre optic pigtails without connectors.....	17
Figure 11 – Configuration B, a device containing integral fibre optic pigtails, with a connector on each pigtail.....	17
Figure 12 – Configuration C, a device containing a fibre optic connector as an integral part of the device housing.....	17
Figure 13 – Standards.....	23
Figure A.1 – Example of 1×2 MO switch.....	27
Figure B.1 – Example of mechanical switch (mirror driving type).....	28
Figure B.2 – Example of mechanical switch (fibre driving type).....	28
Figure C.1 – Example of MEMS switch.....	29
Figure D.1 – Example of TO switch.....	30
Figure D.2 – Output power of TO switch.....	31
Figure D.3 – Example of switching response of TO switch.....	31
Figure D.4 – $1 \times N$ and $N \times N$ examples of TO switch.....	32
Table 1 – Example of a typical switch classification.....	13
Table 2 – Transfer matrix of a four-port switch without crossover.....	15
Table 3 – Transfer matrix of a four-port switch with crossover.....	16
Table 4 – IEC specification structure.....	19
Table 5 – Standards interlink matrix.....	24
Table E.1 – Summary of definitions of latency time.....	33
Table E.2 – Summary of the definitions of rise time.....	33
Table E.3 – Summary of the definitions of fall time.....	33

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**FIBRE OPTIC INTERCONNECTING DEVICES
AND PASSIVE COMPONENTS –
FIBRE OPTIC SPATIAL SWITCHES –****Part 1: Generic specification**

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 60876-1 has been prepared by subcommittee SC86B: Fibre optic interconnecting devices and passive components, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition that was published in 2012 and constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) addition of definitions for the terms for "normally-on; "normally-off" and "crosstalk";
- b) addition of a new Annex E.

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

CDV	Report on voting
86B/3713/CDV	86B/3788/RVC

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

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

A list of all the parts in the IEC 60876 series, published under the general title *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Fibre optic spatial switches* can be found on the IEC website.

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

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

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

FIBRE OPTIC INTERCONNECTING DEVICES AND PASSIVE COMPONENTS – FIBRE OPTIC SPATIAL SWITCHES –

Part 1: Generic specification

1 Scope

This part of IEC 60876 applies to fibre optic switches possessing all of the following general features:

- they are passive in that they contain no optoelectronic or other transducing elements;
- they have one or more ports for the transmission of optical power and two or more states in which power may be routed or blocked between these ports;
- the ports are optical fibres or fibre optic connectors.

2 Normative references

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

IEC 60027 (all parts), *Letter symbols to be used in electrical technology*

IEC 60050-731, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 731: Optical fibre communication*

IEC 60617 (all parts), *Graphical symbols for diagrams* (available at <http://std.iec.ch/iec60617>)

IEC 60695-11-5, *Fire hazard testing – Part 11-5: Test flames – Needle-flame test method – Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance*

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

IEC 61300 (all parts), *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures*

IEC TR 61930, *Fibre optic graphical symbology*

IEC 62047-1, *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 1: Terms and definitions*

ISO 129-1, *Technical drawings – Indication of dimensions and tolerances – Part 1: General principles*

ISO 286-1, *Geometrical product specifications (GPS) – ISO code system for tolerances on linear sizes – Part 1: Basis of tolerances, deviations and fits*

ISO 1101, *Geometrical product specifications (GPS) – Geometrical tolerancing – Tolerances of form, orientation, location and run-out*

ISO 8601, *Data elements and interchange formats – Information interchange – Representation of dates and times*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-731, together with the following, apply.

3.1 Basic terms and definitions

3.1.1

port

optical fibre or fibre optic connector attached to a passive component for the entry and/or exit of optical power

3.1.2

transfer matrix

optical properties of a fibre optic switch can be defined in a $n \times n$ matrix of coefficients (n is the number of ports)

Note 1 to entry: The T matrix represents the on-state paths (worst-case transmission) and the T° matrix represents the off-state paths (worst-case isolation).

3.1.3

transfer coefficient

element t_{ij} or t°_{ij} of the transfer matrix

Note 1 to entry: Each transfer coefficient t_{ij} is the worst-case (minimum) fraction of power transferred from port i to port j for any state with path ij switched on. Each coefficient t°_{ij} is the worst-case (maximum) fraction of power transferred from port i to port j for any state with path ij switched off.

3.1.4

logarithmic transfer matrix

$$a_{ij} = -10 \log_{10} t_{ij}$$

where

a_{ij} is the optical power reduction in decibels out of port j with unit power into port i , i.e.

t_{ij} is the transfer coefficient

Note 1 to entry: Similarly, for the off state, $a^\circ_{ij} = -10 \log_{10} t^\circ_{ij}$.

3.1.5

switch state

particular optical configuration of a switch, whereby optical power is transmitted or blocked between specific ports in a predetermined manner

3.1.6

actuation mechanism

physical means (mechanical, electrical, acoustic, optical, etc.) by which a switch is designed to change between states

3.1.7

actuation energy

input energy required to place a switch in a specific state

3.1.8

blocking

inability to establish a connection from a free input port to a free output port due to the existence of some other established connection

Note 1 to entry: Blocking and various degrees of non-blocking operation functionalities are of various types:

“Strict-sense non-blocking” refers to a switch matrix in which it is always possible to establish a connection between any free input port and any free output port, irrespective of previously established connections.

“Wide-sense non-blocking” refers to a matrix in which it is always possible to establish a desired connection provided that some systematic procedure is followed in setting up connections. Some multistage switching architectures fall into this category.

“Rearrangeably non-blocking” refers to a switch matrix in which any free input port can be connected to any free output port provided that other established connections are unconnected and then reconnected as part of making the new connection.

3.1.9

normally on

condition where a port pair is in a conducting state when there is no actuation energy applied for a non-latching switch

3.1.10

normally off

condition where a port pair is in an isolated state when there is no actuation energy applied for a non-latching switch

3.2 Component definitions

3.2.1

optical switch

passive component processing one or more ports which selectively transmits, redirects or blocks optical power in an optical fibre transmission line

3.2.2

latching switch

switch that maintains its last state and specified performance level when the actuation energy which initiated the change is removed

3.2.3

non-latching switch

switch that reverts to a home state or undefined state when the actuation energy which initiated a change is removed

3.2.4

magneto-optic effect switch

MO switch

optical switch which uses the magneto-optic effect (phenomenon of polarization state change in transmitted light and reflected light due to a magnetic field)

Note 1 to entry: Annex A shows an example of magnet-optic effect switch technologies.

3.2.5

mechanical switch

optical switch which realises the switching function by driving of the movable part

Note 1 to entry: Annex B shows an example of mechanical switch technologies.

3.2.6**micro-electromechanical system switch**

MEMS switch

optical switch using MEMS technology, as defined in IEC 62047-1

Note 1 to entry: Annex C shows example of micro-mechanical system switch technologies.

3.2.7**thermo-optic effect switch**

TO switch

optical switch which uses the thermo-optic effect (phenomenon of refractive index change caused by temperature variation)

Note 1 to entry: Annex D shows an example of thermo-optic effect switch technologies.

3.3 Performance parameter definitions**3.3.1****operating wavelength** λ

nominal wavelength at which a passive component is designed to operate with the specified performance

3.3.2**insertion loss**element a_{ij} (where $i \neq j$) of the logarithmic transfer matrix

Note 1 to entry: It is the reduction in optical power between an input and output port of a passive component expressed in decibels and is defined as follows:

$$a_{ij} = -10 \log_{10} (P_j/P_i)$$

where

P_i is the optical power launched into the input port, and

P_j is the optical power received from the output port.

Note 2 to entry: The insertion loss values depend on the state of the switch.

3.3.3**return loss**element a_{ij} (where $i = j$) of the logarithmic transfer matrix

Note 1 to entry: It is the fraction of input power that is returned from a port of a passive component and is defined as follows:

$$RL_i = -10 \log_{10} (P_{\text{refl}}/P_i)$$

where

P_i is the optical power launched into a port, and

P_{refl} is the optical power received back from the same port.

Note 2 to entry: The return loss values depend on the state of the switch.

3.3.4**crosstalk**

ratio of the output power of the isolated input port to the output power of the conducting input port for an output port

3.3.5**latency time****3.3.5.1****latency time** t_l

<switching from isolated state to conducting state> elapsed time for the output power of a specified output port to reach 10 % of its steady-state value from the time the actuation energy is applied, when switching from an isolated state to conducting state, normally-off for a non-latching switch, or a latching switch

SEE: Figure 1.

3.3.5.2

latency time

t_l'

<switching from conducting state to isolated state, normally-off for a non-latching switch> elapsed time for the output power of a specified output port to reach 90 % of its steady-state value from the time the actuation energy is removed. when switching from a conducting state to isolated state, normally-off for a non-latching switch

SEE: Figure 1.

3.3.5.3

latency time

t_l'

<switching from conducting state to isolated state, for a latching switch> elapsed time when the output power of a specified output port reaches 90 % of its steady-state value from the time the actuation energy is applied, when switching from a conducting state to isolated state, for a latching switch

SEE: Figure 1.

Note 1 to entry: See Annex E.

3.3.6

rise time

elapsed time when the output power of the specified output port rises from 10 % of the steady-state value to 90 % of the steady-state value

3.3.7

fall time

elapsed time when the output power of the specified output port falls from 90 % of the steady-state value to 10 % of the steady-state value

3.3.8

bounce time

3.3.8.1

bounce time

t_b

<switching from isolated state to conducting state> elapsed time when the output power of a specified output port maintains between 90 % and 110 % of its steady-state value from the first time the output power of a specified output port reaches to 90 % of its steady-state value

SEE: Figure 1.

3.3.8.2

bounce time

t_b'

<switching from conducting state to isolated state> elapsed time when the output power of a specified output port maintains between 0 % and 10 % of its steady-state value from the first time the output power of a specified output port reaches 10 % of its steady-state value

SEE: Figure 1.

3.3.9 switching time

3.3.9.1 switching time

t_s

<switching from isolated state to conducting state> switching time is defined as follows:

$$t_s = t_l + t_r + t_b$$

where

t_l is the latency time;

t_r is the rise time;

t_b is the bounce time.

3.3.9.2 switching time

t_s'

<switching from conducting state to isolated state> switching time is defined as follows:

$$t_s' = t_l' + t_f + t_b'$$

where

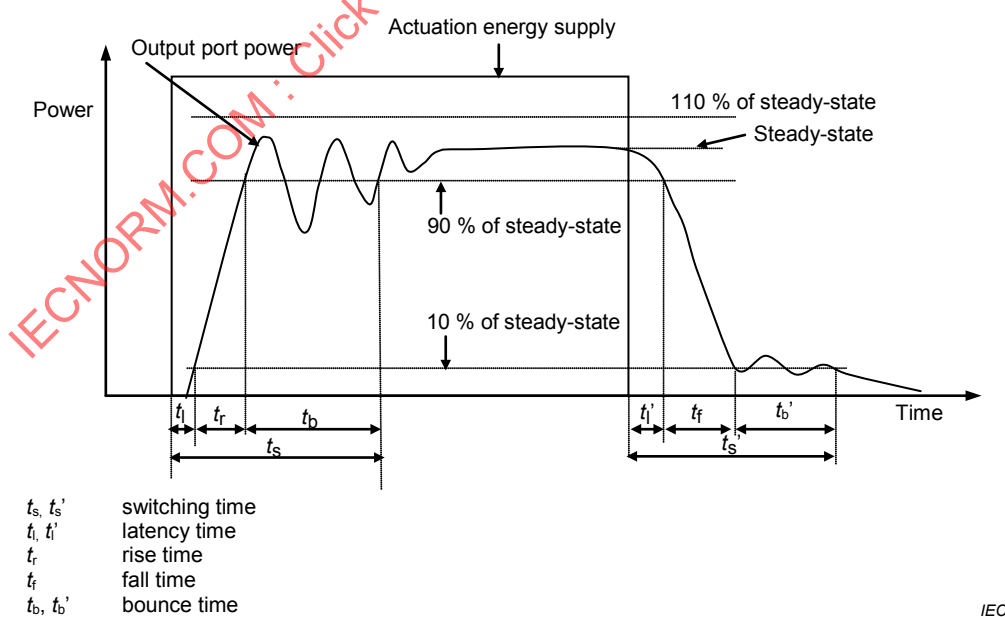
t_l' is the latency time;

t_f is the fall time;

t_b' is the bounce time.

3.3.10 switching time matrix

matrix of coefficients in which each coefficient S_{ij} is the longest switching time to turn path ij on or off from any initial state



IEC

Figure 1a – Non-latching switch, normally off

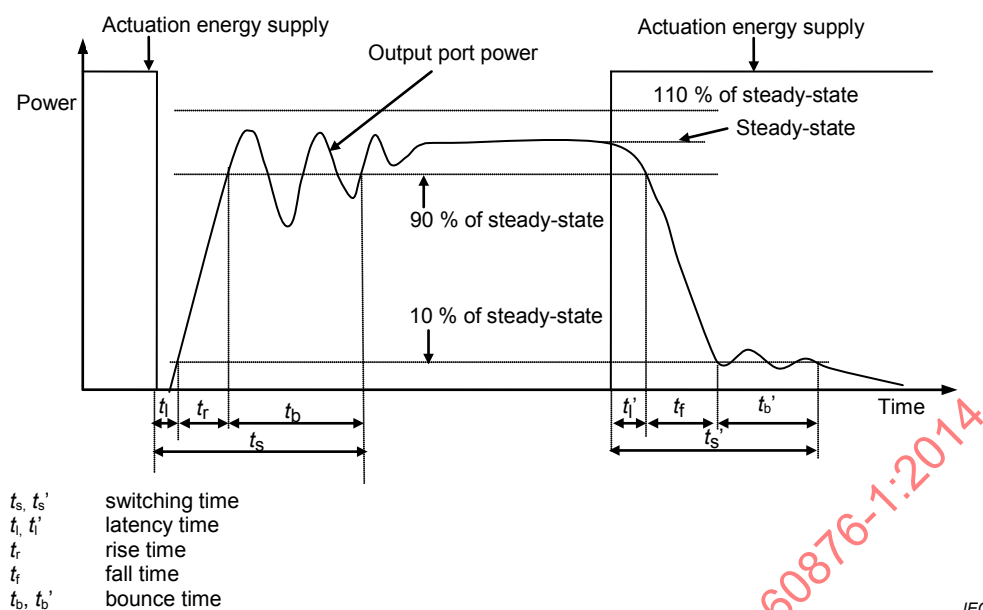


Figure 1b – Non-latching switch, normally on

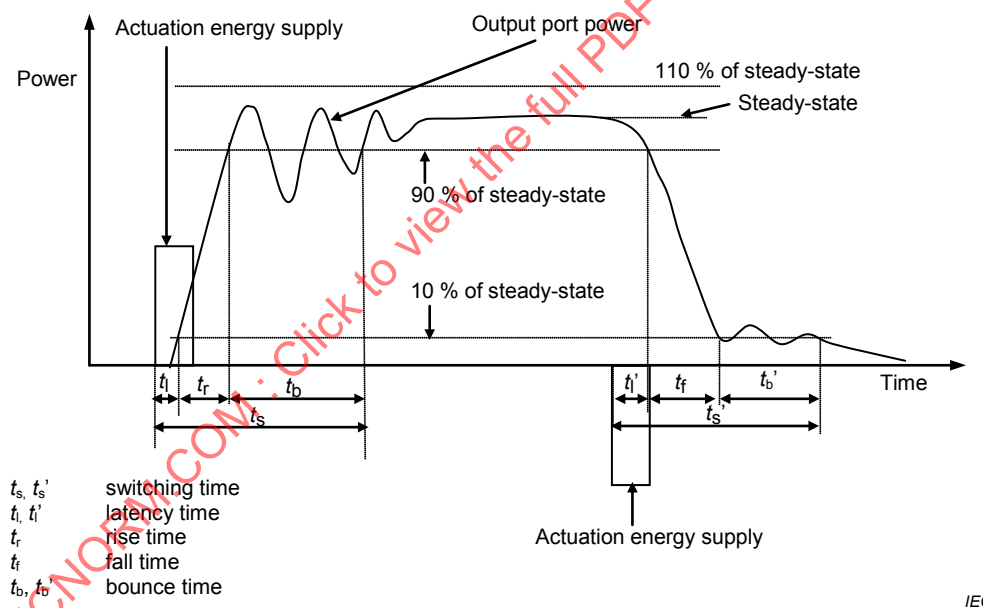


Figure 1c – Latching switch

Figure 1 – Representation of latency time, rise time, fall time, bounce time and switching time

Note 1 to entry: If, for any reason, the steady-state power of the isolated state is not zero, all the power levels leading to the definitions of latency time, rise time, fall time, bounce time and, thus, of switching time, should be normalized, subtracting from them the steady-state power of the isolated state, before applying such definitions.

4 Requirements

4.1 Classification

4.1.1 General

Fibre optic spatial switches shall be classified based on the following:

- type;
- style;
- variant;
- assessment level;
- normative reference extensions.

Table 1 is an example of a switch classification.

Table 1 – Example of a typical switch classification

Type:	1×2 mechanical switch
Style:	– Configuration B – IEC type A1 a fibre – F-SMA connector
Variants:	Means of mounting
Assessment level:	A
Normative reference extensions:	

4.1.2 Type

4.1.2.1 General

Switches are divided into types by their actuation mechanism, latching and topology (optical switching function).

There are multiple actuation mechanisms of switches. The following is a non-exhaustive list of examples of current technologies used in the industry:

- magneto-optic effect (MO);
- mechanical;
- micro-electromechanical system (MEMS);
- thermo-optic effect (TO).

Switches are divided into two types based on the latching function as follows:

- latching switch;
- non-latching switch.

There are an essentially infinite number of possible topologies. Each topology is illustrated by a schematic diagram and defined by a unique transfer matrix.

The following device topologies include only those which are in common use within the industry at present. The schematic diagrams which follow do not necessarily correspond to the physical layout of the switch and its ports.

The examples given in 4.1.2.2 to 4.1.2.4 apply to unidirectional switches only, where $t_{ij} \neq t_{ji}$. For bi-directional switches, $t_{ij} = t_{ji}$ in each transfer matrix below.

4.1.2.2 Single-pole, single-throw switch

Figure 2 shows a single-pole, single-throw switch.

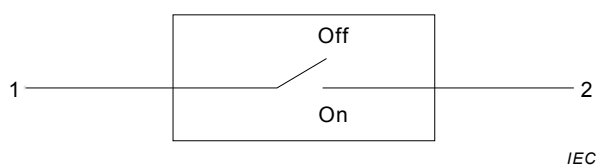


Figure 2 – Single-pole, single-throw switch

This switch has one input port and one output port. Figure 3 shows the transfer matrix describing the device.

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{21} \\ t_{12} & t_{22} \end{bmatrix}$$

IEC

Figure 3 – Transfer matrix for one input port and one output port

Ideally, t_{12} is 1 and the other coefficients are 0 when the switch is on. When the switch is off, all coefficients are 0.

4.1.2.3 Single-pole, N -throw switch

Figure 4 shows a single-pole, N -throw switch.

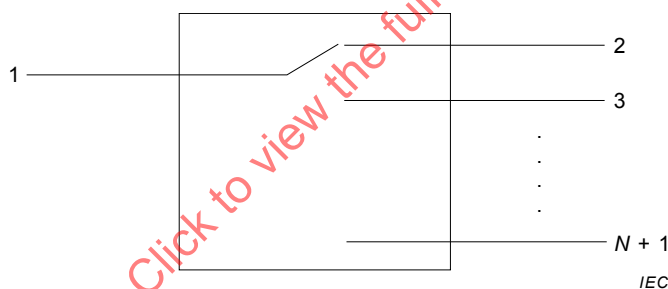


Figure 4 – Single-pole, throw switch

This switch has one input port and N output ports. Figure 5 shows the transfer matrix describing the device.

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & t_{1N+1} \\ t_{21} & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & t_{ij} & & & \cdot \\ \cdot & & & & & \\ t_{N+11} & \cdot & & & & t_{N+1N+1} \end{bmatrix}$$

IEC

Figure 5 – Transfer matrix for one input port and N output ports

Ideally, in the first position of the switch, t_{12} is 1 and the other coefficients are 0. In the generic i -th position of the switch, the $t_{1\ i+1}$ transfer coefficient is 1 and the others are 0.

4.1.2.4 *N*-port matrix switch

Figure 6 shows an *N*-port matrix switch.

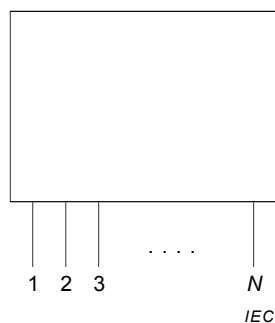


Figure 6 – *N*-port matrix switch

This switch has *N* ports. Figure 7 shows the transfer matrix describing the device.

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & t_{1N} \\ t_{21} & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & & t_{ij} & & \\ \cdot & & & & & \\ t_{N11} & \cdot & & & & t_{NN} \end{bmatrix}$$

IEC

Figure 7 – Transfer matrix for *N*-ports switch

A 2×2 matrix switch is a particular case with two input and two output ports.

In one type, it is possible to have four positions with the transfer coefficients t_{14} and t_{23} always zero while t_{13} and t_{24} have the values indicated in Table 2. Figure 8 shows a four-port switch without crossover.

Table 2 – Transfer matrix of a four-port switch without crossover

Transfer coefficient	State			
	1	2	3	4
t_{13}	1	0	1	0
t_{24}	1	1	0	0

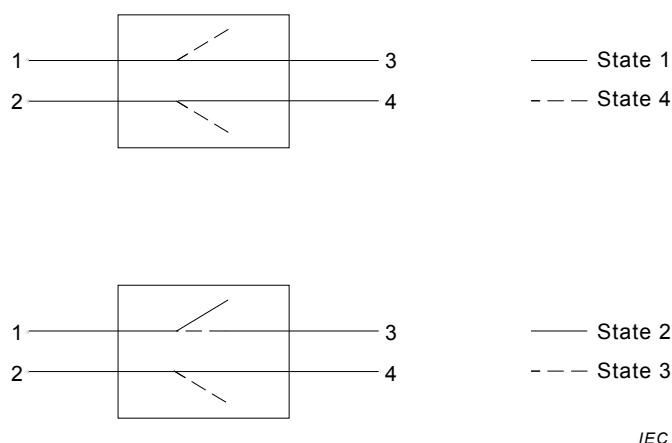


Figure 8 – Four-port switch without crossover

In another type, a four-port crossover switch or by-pass switch is described. This switch has two input and two output ports. The transfer coefficients are indicated in Table 3. Figure 9 shows a four-port switch with crossover.

Table 3 – Transfer matrix of a four-port switch with crossover

Transfer coefficient	State	
	1	2
t_{13}	1	0
t_{24}	1	0
t_{14}	0	1
t_{23}	0	1

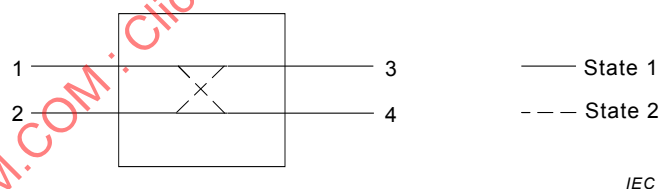


Figure 9 – Four-port switch with crossover

4.1.3 Style

Switches may be classified into styles based upon fibre type, connector type, cable type, housing shape and dimensions and configuration.

The configuration of the switch ports is classified as shown below.

Figure 10 shows configuration A, device containing integral fibre optic pigtails without connectors.

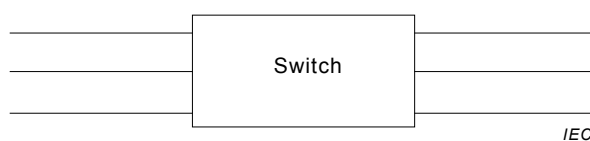


Figure 10 – Configuration A, a device containing integral fibre optic pigtails without connectors

Figure 11 shows configuration B, a device containing integral fibre optic pigtails, with a connector on each pigtail.

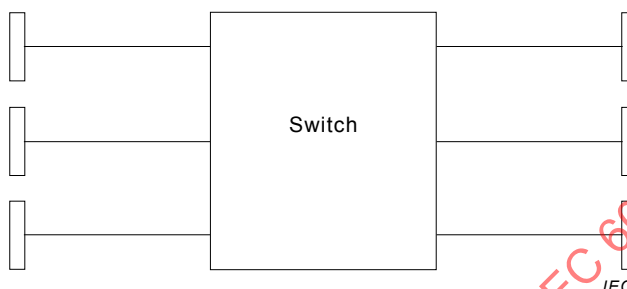


Figure 11 – Configuration B, a device containing integral fibre optic pigtails, with a connector on each pigtail

Figure 12 shows configuration C, a device containing a fibre optic connector as an integral part of the device housing.

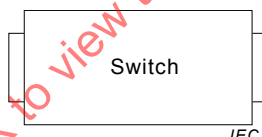


Figure 12 – Configuration C, a device containing a fibre optic connector as an integral part of the device housing

Configuration D is a device containing some combination of the interfacing features of the preceding configurations.

4.1.4 Variant

The switch variant identifies those features which encompass structurally similar components.

Examples of features which define a variant include, but are not limited to the following:

- orientation of ports on housing;
- means for mounting.

4.1.5 Normative reference extension

Normative reference extensions are used to identify integrated independent standards specifications or other reference documents into blank detail specifications.

Unless specified exception is noted, additional requirements imposed by an extension are mandatory. Usage is primarily intended to merge associated components to form hybrid devices, or integrated functional application requirements that are dependent on technical expertise other than fibre optics.

Published reference documents produced by the ITU, consistent with the scope statements of the relevant IEC specification series may be used as extensions. Published documents produced by other regional standardization bodies such as ANSI, CENELEC, JIS, etc., may be referenced in a bibliography attached to the generic specification.

Some spatial switch configurations require special qualification provisions which shall not be imposed universally. This accommodates individual component design configurations, specialized field tooling or specific application processes. In this case, requirements are necessary to assure repeatable performance or adequate safety and provide additional guidance for complete product specification and they shall be defined in the relevant specification. These extensions are mandatory whenever they are used to prepare, assemble or install a spatial switch either for field application usage or preparation of qualification test specimens. The relevant specification shall clarify all stipulations. However, design and style-dependent extensions shall not be imposed universally.

In the event of conflicting requirements, precedence, in descending order, shall be the generic specification over mandatory extension, over blank detail, over detail specification, over application-specific extension.

Examples of requirements for normative extensions are as follows:

- Some commercial or residential building applications may require direct reference to specific safety codes and regulations or incorporate other specific material flammability or toxicity requirements for specialized locations.
- Specialized field tooling may require an extension to implement specific ocular safety, electrical shock, burn hazard avoidance requirements, or require isolation procedures to prevent potential ignition of combustible gases.

4.2 Documentation

4.2.1 Symbols

Graphical and letter symbols shall, whenever possible, be taken from the IEC 60027 series, the IEC 60617 series and from IEC TR 61930.

4.2.2 Specification system

4.2.2.1 General

This specification is part of the IEC specification system. Subsidiary specifications shall consist of blank detail specifications and detail specifications. This system is shown in Table 4. There are no sectional specifications for switches.

Table 4 – IEC specification structure

Specification level	Examples of information to be included	Applicable to
Basics	Assessment system rules Inspection rules Optical measurement methods Environmental test methods Sampling plans Identification rules Marking standards Dimensional standards Terminology Symbol standards Preferred number series SI units	Two or more component families or sub-families
Generic	Specific terminology Specific symbols Specific units Preferred values Marking Quality assessment procedures Selection of tests Qualification approval procedures Capability approval procedures	Component family
Blank detail	Quality conformance test schedule Inspection requirements Information common to a number of types	Groups of types having a common test schedule
Detail	Individual values Specific information Completed quality conformance test schedules	Individual type

4.2.2.2 Blank detail specification

Blank detail specifications are not, by themselves, a specification level. They are associated with the generic specification.

Each blank detail specification shall contain:

- the minimum mandatory test schedules and performance requirements;
- one or more assessment levels;
- the preferred format for stating the required information in the detail specification;
- in case of hybrid components, including connectors, add appropriate entry fields to show the reference normative document, document title and issue date.

4.2.2.3 Detail specification

A specific switch is described by a corresponding detail specification, which is prepared by filling in the blanks of the blank detail specification. Within the constraints imposed by this

generic specification, the blank detail specification may be filled in by any national committee of the IEC, thereby defining a particular switch design as an official IEC standard.

Detail specifications shall specify the following, as applicable:

- type (see 4.1.2);
- style (see 4.1.3);
- variant(s) (see 4.1.4);
- assessment level (see 4.1.5);
- part identification number for each variant (see 4.7.2);
- drawings and dimensions required (see 4.2.3);
- quality assessment test schedules (see 4.1.5);
- performance requirements (see 4.6).

4.2.3 Drawings

4.2.3.1 General

The drawings and dimensions given in detail specifications shall not restrict themselves to details of construction, nor shall they be used as manufacturing drawings.

4.2.3.2 Projection system

Either first-angle or third-angle projection shall be used for the drawings in documents covered by this specification. All drawings within a document shall use the same projection system and the drawings shall state which system is used.

4.2.3.3 Dimensional system

All dimensions shall be given in accordance with ISO 129-1, ISO 286-1 and ISO 1101.

The metric system shall be used in all specifications.

Dimensions shall not contain more than five significant digits.

When units are converted, a note shall be added in each detail specification.

4.2.4 Test and measurement

4.2.4.1 Test and measurement procedures

The test and measurement procedures for optical, mechanical and environmental characteristics of switches to be used shall be defined and selected preferably from the IEC 61300 series.

The size measurement method to be used shall be specified in the detail specification for dimensions which are specified within a total tolerance zone of 0,01 mm or less.

4.2.4.2 Reference components

Reference components for measurement purposes, if required, shall be specified in the detail specification.

4.2.4.3 Gauges

Gauges, if required, shall be specified in the detail specification.

4.2.5 Test reports

Test reports shall be prepared for each test conducted as required by a detail specification. These reports shall be included in the qualification report and in the periodic inspection report.

The reports shall at least contain the following information:

- title of test and date;
- specimen description including the variant identification number (see 4.7.2);
- test equipment used and date of latest calibration;
- all applicable test details;
- all measurement values and observations;
- sufficiently detailed documentation to provide traceable information for failure analysis.
- Instructions for use

Instructions for use, when required, shall be given by the manufacturer and shall include:

- assembly and connection instructions;
- cleaning method;
- safety aspects;
- additional information, as necessary.

4.3 Standardization system

4.3.1 Interface standards

Interface standards provide both manufacturer and user with all the information they require to make or use products conforming to the physical features of that standard interface. Interface standards fully define and dimension the features essential for the mating and unmating of optical fibre connectors and other components. They also serve to position the optical datum target, where defined, relative to other reference datum.

Interface standards ensure that connectors and adapters that comply with the standard will fit together. The standards may also contain tolerance grades for ferrules and alignment devices. Tolerance grades are used to provide different levels of alignment precision.

The interface dimensions may also be used to design other components that will mate with the connectors. For example, an active device mount can be designed using the adapter interface dimensions. The use of these dimensions, combined with those of a standard plug, provides the designer with the assurance that the standard plugs will fit into the optical device mount. They also provide the location of the optical datum target of the plug.

Standard interface dimensions do not, by themselves, guarantee optical performance. They only guarantee connector mating at a specified fit. Optical performance is currently guaranteed via the manufacturing specification. Products from the same or different manufacturing specifications using the same standard interface will always fit together. Guaranteed performance can be given by any single manufacturer only for products delivered to the same manufacturing specification. However, it can be reasonably expected that some level of performance will be obtained by mating products from different manufacturing specifications, although the level of performance cannot be expected to be any better than that of the lowest specified performance.

4.3.2 Performance standards

Performance standards contain a series of tests and measurements (which may or may not be grouped into a specified schedule depending on the requirements of that standard) with clearly defined conditions, severities and pass/fail criteria. The tests are intended to be run on

a one-off basis to prove any product's ability to satisfy the performance standards requirement. Each performance standard has a different set of tests, and/or severities (and/or groupings) which represents the requirements of a market sector, user group or system location.

A product that has been shown to meet all the requirements of a performance standard can be declared as complying with a performance standard but should then be controlled by a quality assurance/quality conformance programme.

It is possible to define a key point of the test and measurements standards for their application (particularly with regard to insertion loss and return loss) in conjunction with the interface standards of inter-product compatibility. Conformance to this standard will be ensured for each individual product.

4.3.3 Reliability standards

Reliability standards are intended to ensure that a component can meet performance specifications under stated conditions for a stated time period.

For each type of component, the following shall be identified (and appear in the standard):

- failure modes (observable, general mechanical or optical effects of failure);
- failure mechanisms (general causes of failure, common to several components);
- failure effects (detailed causes of failure, specific to the component).

These are all related to environmental and material aspects.

Initially, just after component manufacture, there is an infant mortality phase during which many components would fail if they were deployed in the field. To avoid early field failure, all components shall be subjected to a screening process in the factory, involving environmental stresses that may be mechanical, thermal or humidity-related. This is to induce known failure mechanisms in a controlled environmental situation to occur earlier than would normally be seen in the unscreened population. For those components that survive (and are then sold), there is a reduced failure rate since these mechanisms have been eliminated.

Screening is an optional part of the manufacturing process, rather than a test method. It will not affect the useful life of a component, defined as the period during which it performs according to specifications. Eventually, other failure mechanisms appear and the failure rate increases beyond some defined threshold. At this point, the useful life ends, the wear-out stage begins and the component has to be replaced.

At the beginning of useful life, performance testing on a sample population of components may be applied by the supplier, by the manufacturer or by a third party. This is to ensure that the component meets performance specifications over the range of intended environments at this initial time. Reliability testing, on the other hand, is applied to ensure that the component meets performance specifications for at least a specified minimum useful lifetime or specified maximum failure rate. These tests are usually carried out by utilizing performance testing, but with increased duration and severity to accelerate the failure mechanisms.

A reliability theory relates component reliability testing to component parameters and to lifetime or failure rate under testing. The theory then extrapolates these to lifetime or failure rate under less stressful service conditions. The reliability specifications include values of the component parameters needed to ensure the specified minimum lifetime or maximum failure rate in service.

4.3.4 Interlinking

Standards currently under preparation are given in Figure 13. A large number of the test and measurement standards as well as the quality assurance qualification approval standards,

from the IECQ (IEC Quality Assessment System for Electronic Components), exist already and have done so for many years. As previously mentioned, alternative methods of quality assurance/quality conformance are being developed under the headings "capability approval" and "technology approval" (for further details see IEC Guide 102).

The matrix given in Table 5 demonstrates some of the other options available for product standardization with regard to interface, performance and reliability standards, once all these three standards are in place.

Product A is fully IEC standardized, having a standard interface and meeting defined performance standards and reliability standards.

Product B is a product with a proprietary interface but which meets a defined IEC performance standard and reliability standard.

Product C is a product which complies with an IEC standard interface but does not meet the requirements of either an IEC performance standard or reliability standard.

Product D is a product which complies with both an IEC standard interface and performance standard but does not meet any reliability requirements.

Obviously, the matrix is more complex than shown, since there will be a number of interface, performance and reliability standards which will be cross-related. In addition, the products may all be subject to a quality assurance programme that could be under IEC qualification approval, capability approval, technology approval (as Table 4 attempts to demonstrate), or even under a national or company quality assurance system.

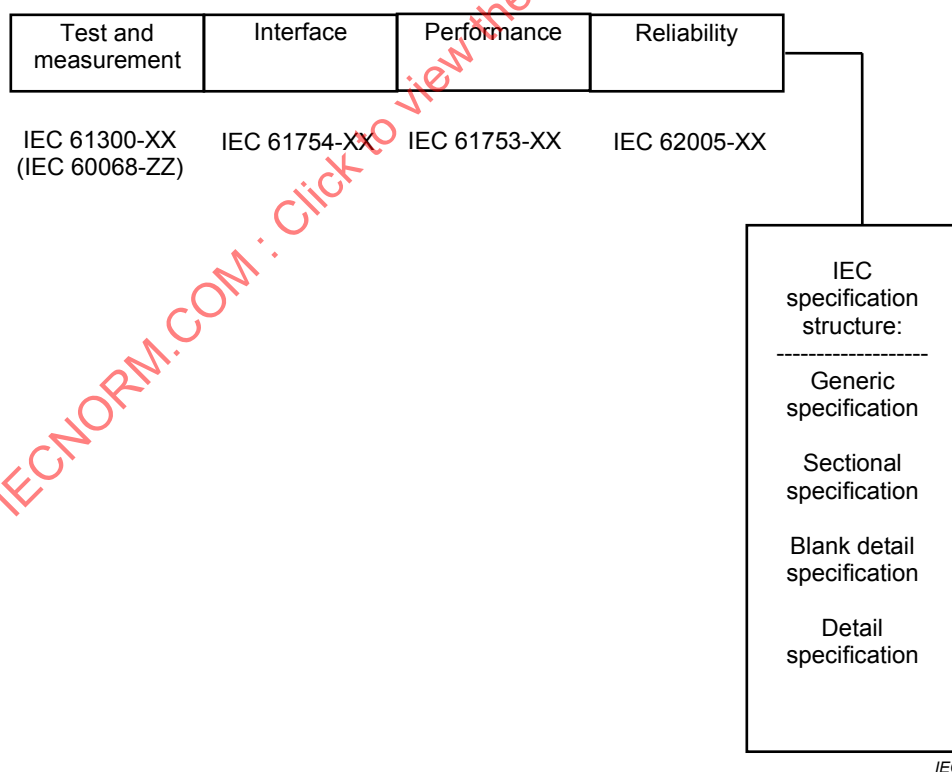


Figure 13 – Standards

Table 5 – Standards interlink matrix

	Interface standard	Performance standard	Reliability standard
Product A	Yes	Yes	Yes
Product B	No	Yes	Yes
Product C	Yes	No	No
Product D	Yes	Yes	No

4.4 Design and construction

4.4.1 Materials

4.4.1.1 Corrosion resistance

All materials used in the construction of switches shall be corrosion resistant or suitably finished to meet the requirements of the relevant specification.

4.4.1.2 Non-flammable materials

When non-flammable materials are required, the requirement shall be specified in the specification and reference made to IEC 60695-11-5.

4.4.2 Workmanship

Components and associated hardware shall be manufactured to a uniform quality and shall be free of sharp edges, burrs or other defects that would affect the life, service ability or appearance. Particular attention shall be given to neatness and thoroughness of marking, plating, soldering, bonding, etc.

4.5 Quality

Switches shall be controlled by the quality assessment procedures. The test and measurement procedures of the IEC 61300 series shall be used, as applicable, for quality assessment.

4.6 Performance

Switches shall meet the performance requirements specified in the relevant specification.

4.7 Identification and marking

4.7.1 General

Components, associated hardware and shipping packages shall be permanently and legibly identified and marked when required by the detail specification.

4.7.2 Variant identification number

Each variant in a detail specification shall be assigned a variant identification number. The number shall consist of the number assigned to the detail specification followed by a four-digit dash number and a letter designating the assessment level. The first digit of the dash number shall be sequentially assigned to each component type covered by the detail specification. The last three digits shall be sequentially assigned to each variant of the component.

4.7.3 Component marking

Component marking, if required, shall be specified in the detail specification. The preferred order of marking is as follows:

- a) port identification;
- b) manufacturer's part number (including serial number, if applicable);
- c) manufacturer's identification mark or logo;
- d) manufacturing date;
- e) variant identification number;
- f) any additional marking required by the detail specification.

If space does not allow for all the required marking on the component, each unit shall be individually packaged with a data sheet containing all of the required information which is not marked.

4.7.4 Package marking

Package marking, if required, shall be specified in the detail specification. The preferred order of marking is as follows:

- a) manufacturer's identification mark or logo;
- b) manufacturer's part numbers;
- c) manufacturing date codes (year/week; see ISO 8601);
- d) variant identification number(s) (see 4.7.2);
- e) assessment level;
- f) type designations (see 4.1.2);
- g) any additional marking required by the detail specification.

When applicable, individual unit packages (within the sealed package) shall be marked with the reference number of the certified record of released lots, the manufacturer's factory identity code and the component identification.

4.8 Packaging

Packages shall include instructions for use when required by the specification.

4.9 Storage conditions

Where short-term degradable materials such as adhesives are supplied with the package, the manufacturer shall mark these with the expiry date (year and week numbers, see ISO 8601) together with any requirements or precautions concerning safety hazards or environmental conditions for storage.

4.10 Safety

Optical switches, when used on an optical fibre transmission system and/or equipment, may emit potentially hazardous radiation from an uncapped or unterminated output port or fibre end.

Manufacturers of optical switches shall make available sufficient information to alert system designers and users about the potential hazard and shall indicate the required precautions and working practices.

In addition, each detail specification shall include the following.

WARNING

Care should be taken when handling small diameter fibre to prevent puncturing the skin, especially in the eye area. Direct viewing of the end of an optical fibre, or an optical fibre connector when it is propagating energy, is not recommended unless prior assurance has been obtained as to the safety energy output level.

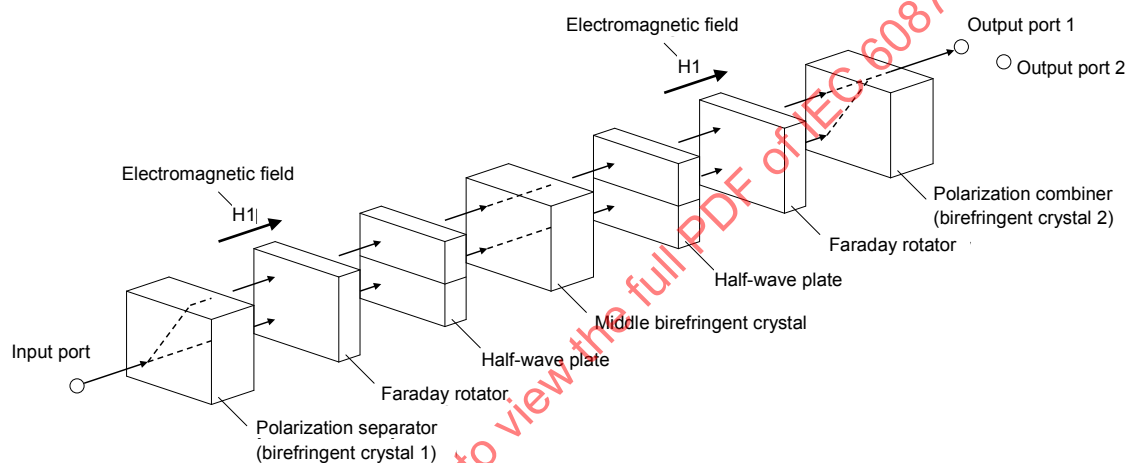
Reference shall be made to IEC 60825-1, the relevant standard on safety.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60876-1:2014

Annex A (informative)

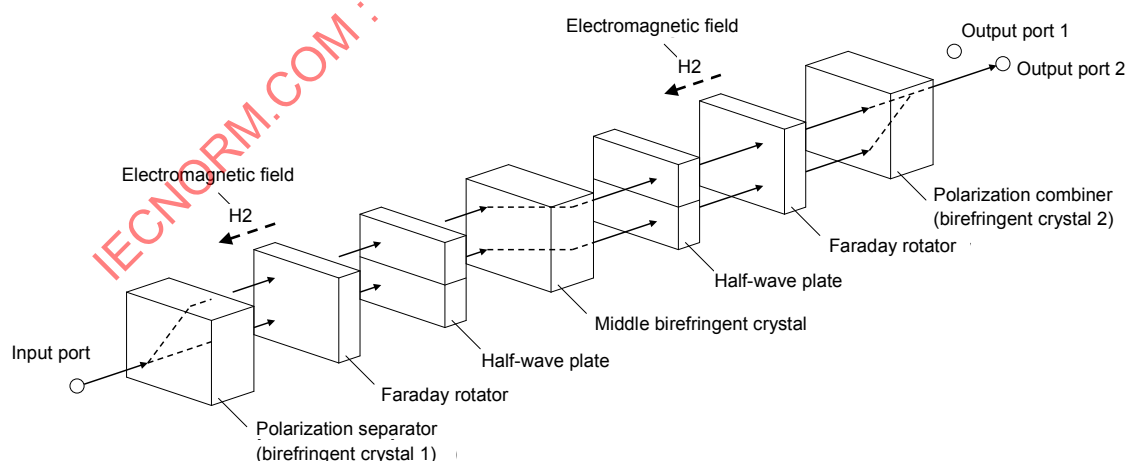
Example of magneto-optic effect (MO) switch technologies

Figure A.1 shows an example of a 1×2 switch based on the magneto-optic effect. The switch consists of a Faraday rotator, a polarization separator/combiner (birefringent crystal), a half-wave plate and an electric magnet. The incident light from the input port is separated into two cross-polarizations by the polarization separator (birefringent crystal 1). Two cross-polarizations are paralleled by the Faraday rotator and the half-wave plate. In the electromagnetic field H_1 , the two parallel polarization from the input port is recombined by the half-wave plate, Faraday rotator and the polarization combiner (birefringent crystal 2), then it exits from the output port 1. In the reverse electromagnetic field H_2 , the two parallel polarizations from the input port is shifted by the middle birefringent crystal, due to the changed polarization direction by reverse Faraday rotator, then it exits from the output port 2. Switching is achieved by reversing the direction of the electromagnetic field of a non-machine.



IEC

Figure A.1a – Input port to output port 1



IEC

Figure A.1b – Input port to output port 2

Figure A.1 – Example of 1×2 MO switch

Annex B (informative)

Example of mechanical switch technologies

Figures B.1 and B.2 show examples of 1×2 mechanical switches.

Figure B.1 shows a mirror driving type mechanical switch. There is a movable mirror between two gradient index lenses (GRIN lenses). The light from input port becomes a beam in the GRIN lens and it is reflected by the movable mirror when the mirror is set between the GRIN lenses. The reflected light is focused at the end of another fibre for output port 1. Then the movable mirror is removed from the middle of the GRIN lenses, the beam goes into another GRIN lens. The light is focused at the end of the GRIN lens where the output port 2 is attached. Switching is achieved by taking the mirror in and out.

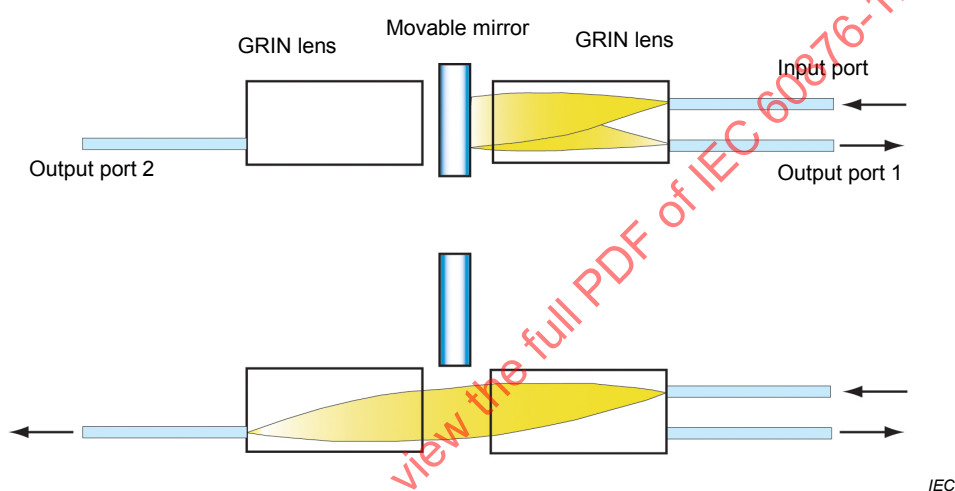


Figure B.1 – Example of mechanical switch (mirror driving type)

Figure B.2 shows a fibre driving type mechanical switch. There is one movable fibre for the input port with a magnetic pipe near the end and two fixed fibres for the output ports. The movable fibre is set to one magnet due to magnetic poles of the pipe and the fibre end is aligned to one of the fixed fibres. When electric current is applied to the solenoidal coil and the magnetic poles of the pipe are reversed, the movable fibre is set to another magnet and the fibre end is connected to another fixed fibre. After the current is stopped, the fibre connection will be maintained because of the magnetic attraction force so that the switch can work as a latching switch.

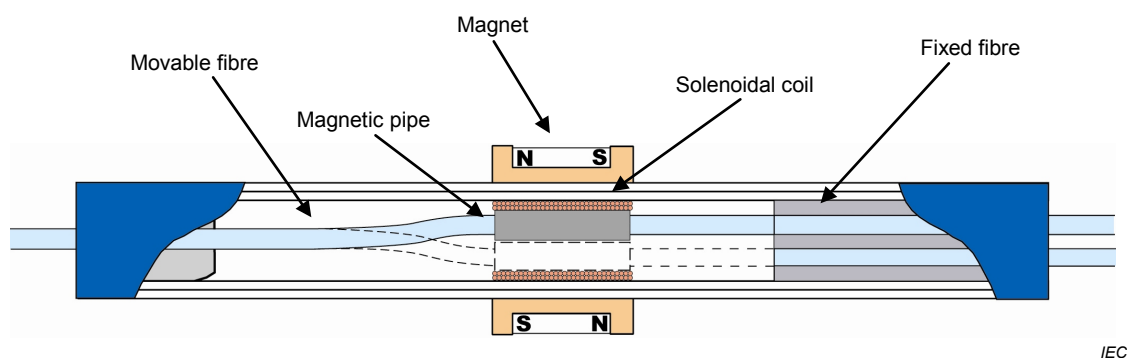


Figure B.2 – Example of mechanical switch (fibre driving type)

Annex C (informative)

Example of micro-electromechanical system (MEMS) switch technologies

Figure C.1 shows an example of an $N \times N$ MEMS switch.

The MEMS switch has two-axes MEMS mirror arrays and optical fibre collimator arrays. The light from the input port becomes collimated light by the collimator array. The collimated light is reflected by the first MEMS mirror array to go to a mirror in the second MEMS mirror array. By controlling the tilt angle of the mirror in the first MEMS mirror array, the light is connected to any mirror in the second MEMS mirror array. Then the light is reflected by the second mirror and goes into an output port fibre through the collimator array. Connection between any input port and any output port is achieved by controlling the tilt angle of each mirror, thus the $N \times N$ switch function is realised.

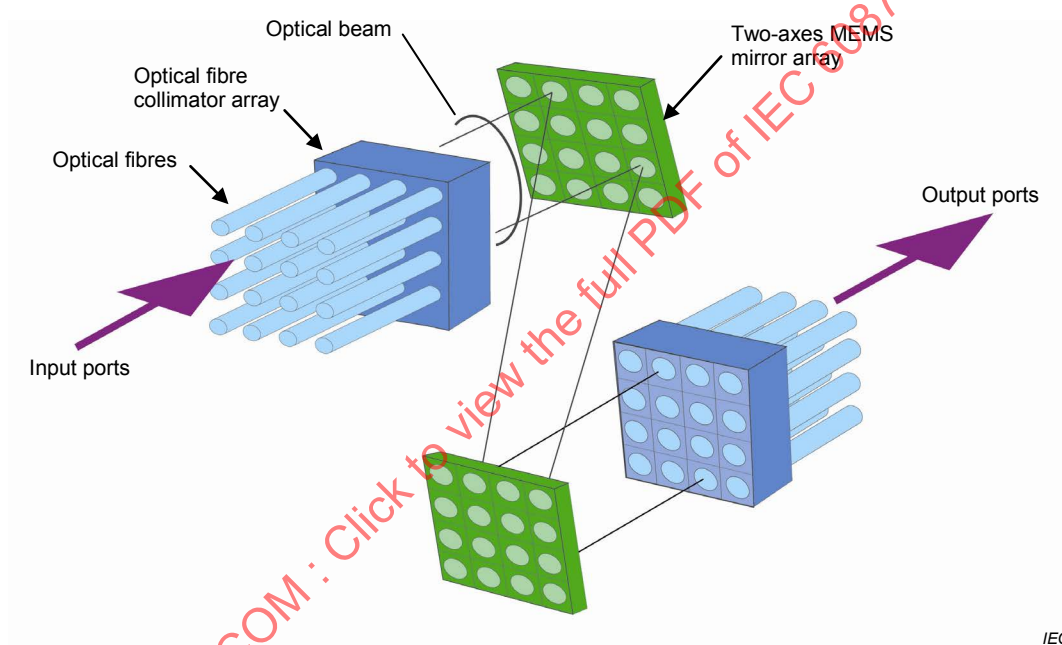


Figure C.1 – Example of MEMS switch

Annex D (informative)

Example of thermo-optic effect (TO) technologies

Figure D.1 shows an example of 2×2 TO switch by planar lightwave circuit (PLC).

The 2×2 PLC switch element is a silica-based waveguide type Mach-Zehnder interferometer (MZI). The switch consists of two 2×2 couplers and two waveguide arms between the couplers. The arm waveguides are equipped with thin film heater on their cladding. Figure A.5 shows the top and cross-sectional views of the switch configuration, respectively.

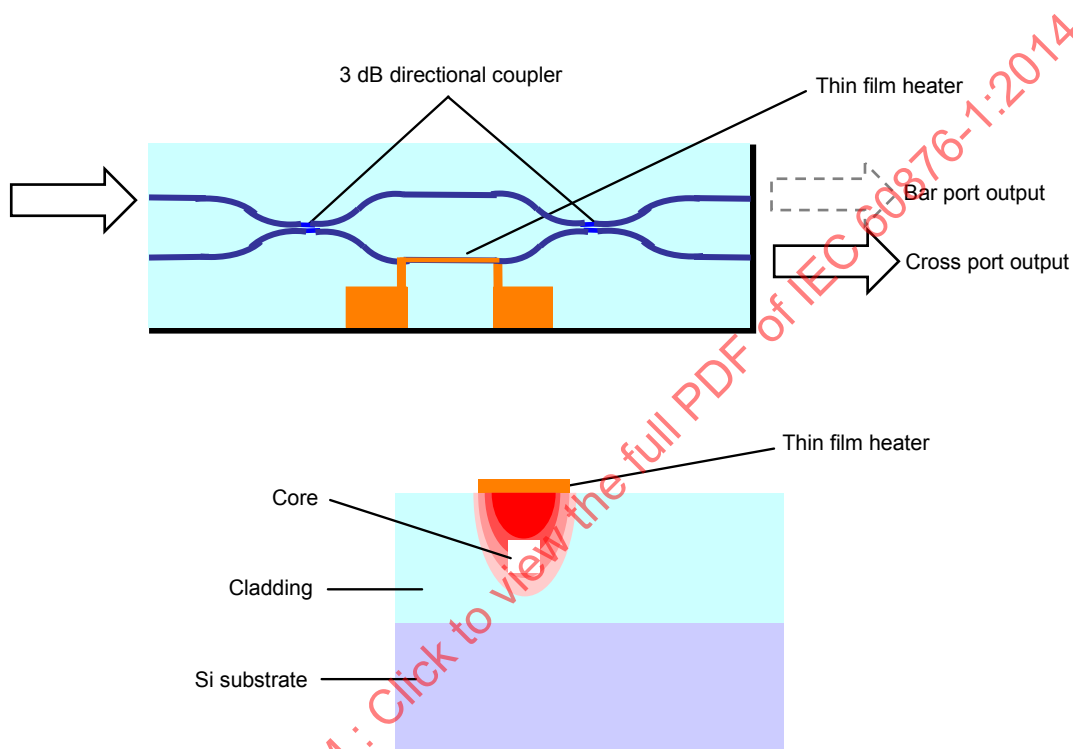


Figure D.1 – Example of TO switch

When there is no heating power, the input light is guided to the cross port. By varying the refractive index of one waveguide arm using the thermo-optic effect, the optical path length difference can be changed by half a wavelength. In this case, the input light is switched to the bar port.

Figure D.2 shows the relationship between the output lights and optical path length difference. Figure D.3 gives an example of switching responses.

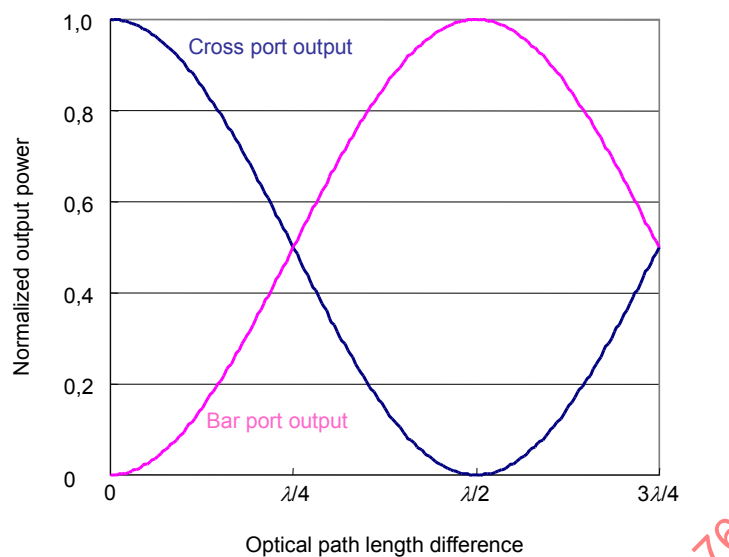


Figure D.2 – Output power of TO switch

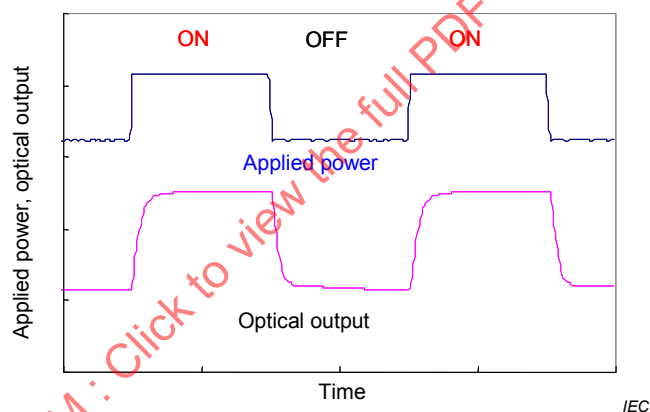


Figure D.3 – Example of switching response of TO switch

Many types of large scale switches can be made by integrating the 2×2 switch elements. Figure D.4 gives an example of $1 \times N$ and $N \times N$ switch configurations.

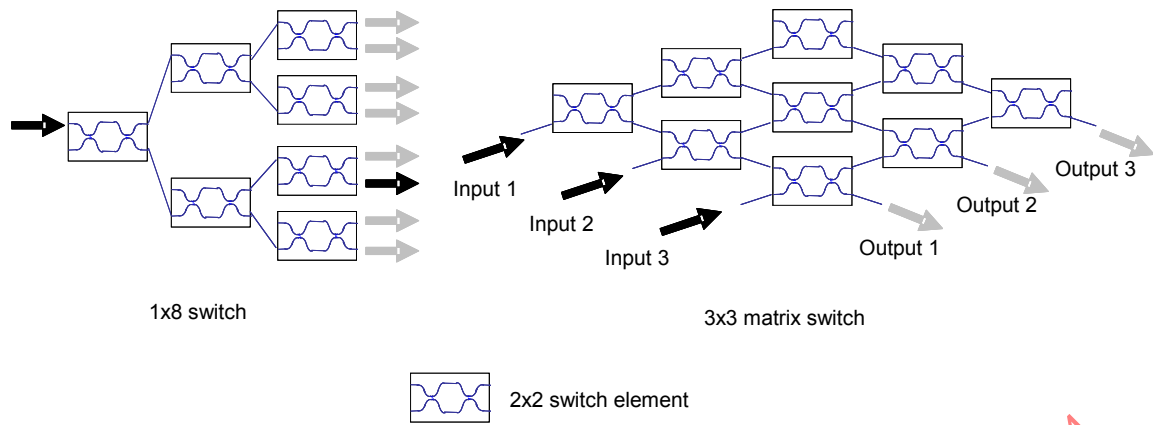


Figure D.4 – $1 \times N$ and $N \times N$ examples of TO switch

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60876-1:2014

Annex E (informative)

Summary of definitions on switching time

Table E.1 – Summary of definitions of latency time

Condition	Type of switches	From	To
Isolating to connecting	Latching and non-latching normally off	Actuation energy on	Reaching 10 % of optical power at stabilized state of connecting condition
	Non-latching normally on	Actuation energy off	
Connecting to isolating	Latching and non-latching normally off	Actuation energy off	Reaching 90 % of optical power at stabilized state of connecting condition
	Non-latching normally on	Actuation energy off	

Table E.2 – Summary of the definitions of rise time

Condition	Type of switches	From	To
Isolating to connecting	Latching, Non-latching normally off Non-latching normally on	Reaching 10 % of optical power at stabilized state of connecting condition	Reaching 90 % of optical power at stabilized state of connecting condition

Table E.3 – Summary of the definitions of fall time

Condition	Type of switches	From	To
Connecting to Isolating	Latching, Non-latching normally off Non-latching normally on	Reaching 90 % of optical power at stabilized state of connecting condition	Reaching 10 % of optical power at stabilized state of connecting condition

Bibliography

IEC 60410, *Sampling plans and procedures for inspection by attributes*

IEC 60869-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Fibre optic passive power control devices – Part 1: Generic specification*

IEC 61073-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Mechanical splices and fusion splice protectors for optical fibres and cables – Part 1: Generic specification*

IEC Guide 102, *Electronic components – Specification structures for quality assessment (Qualification approval and capability approval)*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60876-1:2014

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60876-1:2014

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	38
1 Domaine d'application.....	40
2 Références normatives	40
3 Termes et définitions	41
3.1 Termes et définitions fondamentaux	41
3.2 Définitions des composants.....	42
3.3 Définitions des paramètres de performance	43
4 Exigences	47
4.1 Classification	47
4.1.1 Généralités	47
4.1.2 Type	48
4.1.3 Modèle	51
4.1.4 Variante.....	52
4.1.5 Extension de références normatives	52
4.2 Documentation.....	53
4.2.1 Symboles.....	53
4.2.2 Système de spécifications	53
4.2.3 Plans	55
4.2.4 Essais et mesurages	55
4.2.5 Rapports d'essai	56
4.2.6 Instructions d'utilisation.....	56
4.3 Système de normalisation	56
4.3.1 Normes d'interface.....	56
4.3.2 Normes de performance.....	57
4.3.3 Normes de fiabilité	57
4.3.4 Interconnexions	58
4.4 Conception et fabrication.....	59
4.4.1 Matériaux.....	59
4.4.2 Exécution.....	60
4.5 Qualité.....	60
4.6 Performance	60
4.7 Identification et marquage	60
4.7.1 Généralités	60
4.7.2 Numéro d'identification des variantes	60
4.7.3 Marquage des composants.....	60
4.7.4 Marquage de l'emballage	60
4.8 Emballage.....	61
4.9 Conditions de stockage	61
4.10 Sécurité	61
Annexe A (informative) Exemple de technologies de commutateurs à effet magnéto-optique (MO)	62
Annexe B (informative) Exemple de technologies de commutateurs mécaniques	63
Annexe C (informative) Exemple de technologies des commutateurs selon la technologie des systèmes micro-électromécaniques (MEMS).....	65

Annexe D (informative) Exemple de technologies de commutateurs à effet thermo-optique (TO)	66
Annexe E (informative) Résumé des définitions relatives au temps de commutation	69
Bibliographie	70
Figure 1 – Représentation du temps de latence, du temps de montée, du temps de descente, du temps de rebondissement et du temps de commutation	47
Figure 2 – Commutateur unipolaire, à un seul sens	49
Figure 3 – Matrice de transfert pour un port d'entrée et un port de sortie	49
Figure 4 – Commutateur unipolaire, à N positions	49
Figure 5 – Matrice de transfert pour un port d'entrée et N ports de sortie	49
Figure 6 – Commutateur matriciel à N ports	50
Figure 7 – Matrice de transfert pour un commutateur à N ports	50
Figure 8 – Commutateur à quatre ports sans croisements	51
Figure 9 – Commutateur à quatre ports avec croisements	51
Figure 10 – Configuration A, dispositif contenant des fibres optiques amorces intégrées sans connecteurs	52
Figure 11 – Configuration B, dispositif contenant des fibres optiques amorces intégrées, avec un connecteur sur chaque fibre amorce	52
Figure 12 – Configuration C, dispositif contenant un connecteur à fibres optiques faisant partie intégrante du boîtier du dispositif	52
Figure 13 – Normes	59
Figure A.1 – Exemple de commutateur à effet magnéto-optique 1×2	62
Figure B.1 – Exemple de commutateur mécanique (type à déplacement de miroir)	63
Figure B.2 – Exemple de commutateur mécanique (type à déplacement de fibre)	64
Figure C.1 – Exemple de commutateur selon la technologie des MEMS	65
Figure D.1 – Exemple de commutateur à effet thermo-optique	66
Figure D.2 – Puissance de sortie du commutateur à effet thermo-optique	67
Figure D.3 – Exemple de réponse de commutation d'un commutateur à effet thermo-optique	67
Figure D.4 – Exemples de commutateurs à effet thermo-optique $1 \times N$ et $N \times N$	68
Tableau 1 – Exemple de classification type de commutateurs	48
Tableau 2 – Matrice de transfert d'un commutateur à quatre ports sans croisements	50
Tableau 3 – Matrice de transfert d'un commutateur à quatre ports avec croisements	51
Tableau 4 – Structure des spécifications IEC	54
Tableau 5 – Matrice d'interconnexion pour les normes	59
Table E.1 – Résumé des définitions relatives au temps de latence	69
Table E.2 – Résumé des définitions relatives au temps de montée	69
Table E.3 – Résumé des définitions relatives au temps de descente	69

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS D'INTERCONNEXION ET COMPOSANTS PASSIFS À FIBRES OPTIQUES – COMMUTATEURS SPATIAUX À FIBRES OPTIQUES –

Partie 1: Spécification générique

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60876-1 a été établie par le sous-comité 86B: Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques, du comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition parue en 2012. Elle constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) l'ajout de définitions pour les termes "conducteur par défaut", "isolé par défaut" et "diaphonie;"

b) l'ajout d'une nouvelle Annexe E.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
86B/3713/CDV	86B/3788/RVC

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60876, publiées sous le titre général *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Commutateurs spatiaux à fibres optiques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

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.

DISPOSITIFS D'INTERCONNEXION ET COMPOSANTS PASSIFS À FIBRES OPTIQUES – COMMUTATEURS SPATIAUX À FIBRES OPTIQUES –

Partie 1: Spécification générique

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60876 s'applique aux commutateurs à fibres optiques possédant toutes les caractéristiques générales suivantes:

- ils sont passifs dans la mesure où ils ne contiennent aucun élément optoélectronique ou autre élément transducteur;
- ils ont au moins un port de transmission de la puissance optique et au moins deux états dans lesquels la puissance peut passer ou être bloquée entre ces ports;
- les ports sont des fibres optiques ou des connecteurs à fibres optiques.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60027 (toutes les parties), *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*

IEC 60050-731, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 731: Télécommunications par fibres optiques*

IEC 60617 (toutes les parties), *Symboles graphiques pour schémas* (disponible sur <<http://std.iec.ch/iec60617>>)

IEC 60695-11-5, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-5: Flammes d'essai – Méthode d'essai au brûleur-aiguille – Appareillage, dispositif d'essai de vérification et lignes directrices*

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

IEC 61300 (toutes les parties), *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Procédures fondamentales d'essais et de mesures*

IEC TR 61930, *Symbologie des graphiques de fibres optiques*

IEC 62047-1, *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques – Partie 1: Termes et définitions*

ISO 129-1, *Dessins techniques – Indication des cotes et tolérances – Partie 1: Principes généraux*

ISO 286-1, *Spécification géométrique des produits (GPS) – Système de codification ISO pour les tolérances sur les tailles linéaires – Partie 1: Base des tolérances, écarts et ajustements*

ISO 1101, *Spécification géométrique des produits (GPS) – Tolérancement géométrique – Tolérancement de forme, orientation, position et battement*

ISO 8601, *Éléments de données et formats d'échange – Échange d'information – Représentation de la date et de l'heure*
(disponible en anglais seulement)

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions données dans l'IEC 60050-731, ainsi que les suivantes, s'appliquent.

3.1 Termes et définitions fondamentaux

3.1.1

port

fibre optique ou connecteur à fibres optiques fixé(e) à un composant passif et permettant l'entrée et/ou la sortie de la puissance optique

3.1.2

matrice de transfert

propriétés optiques d'un commutateur à fibres optiques pouvant être définies en termes d'une matrice de coefficients $n \times n$ (n étant le nombre de ports)

Note 1 à l'article: La matrice T représente les chemins commutés (transmission la plus défavorable) et la matrice T° les chemins non commutés (isolation la plus défavorable).

3.1.3

coefficient de transfert

élément t_{ij} ou t°_{ij} de la matrice de transfert

Note 1 à l'article: Chaque coefficient de transfert t_{ij} est la fraction de puissance transférée dans le cas le plus défavorable (fraction minimale) du port i vers le port j pour n'importe quel état, avec le chemin ij commuté. Chaque coefficient t°_{ij} est la fraction de puissance transférée dans le cas le plus défavorable (fraction maximale) du port i vers le port j pour n'importe quel état, avec le chemin ij non commuté.

3.1.4

matrice de transfert logarithmique

$$a_{ij} = -10 \log_{10} t_{ij}$$

où

a_{ij} est la réduction de puissance optique, en décibels, en sortie du port j , par rapport à la puissance unitaire appliquée en entrée du port i ;

t_{ij} est le coefficient de transfert

Note 1 à l'article: De même, pour l'état non commuté, $a^\circ_{ij} = -10 \log_{10} t^\circ_{ij}$.

3.1.5

état de commutation

configuration optique particulière d'un commutateur assurant la transmission ou le blocage de la puissance optique entre des ports spécifiques d'une manière prédéterminée

3.1.6

mécanisme d'activation

moyen physique (mécanique, électrique, acoustique, optique, etc.) permettant le changement d'état d'un commutateur

3.1.7

énergie d'activation

énergie d'entrée nécessaire pour positionner un commutateur dans un état spécifique

3.1.8

blocage

incapacité d'établir une connexion d'un port d'entrée libre vers un port de sortie libre à cause de l'existence d'une autre connexion établie

Note 1 à l'article: Le fonctionnement en mode bloqué et les divers degrés en mode non bloqué sont de divers types:

On entend par «non-blocage au sens strict» une matrice de commutation dans laquelle il est toujours possible d'établir une connexion entre un port d'entrée libre et un port de sortie libre, quelles que soient les connexions établies auparavant.

On entend par «non-blocage au sens large» une matrice dans laquelle il est toujours possible d'établir une connexion désirée dans la mesure où une procédure systématique est suivie pour réaliser les connexions. Certaines architectures de commutation à plusieurs niveaux entrent dans cette catégorie.

On entend par «non-blocage de réaménagement» une matrice de commutation dans laquelle tout port d'entrée libre peut être connecté à un port de sortie libre, sous réserve que les autres connexions établies soient déconnectées puis reconnectées lorsqu'on établit la nouvelle connexion.

3.1.9

conducteur par défaut

état dans lequel une paire de ports est dans un état conducteur lorsqu'aucune énergie d'activation n'est appliquée pour un commutateur sans verrouillage

3.1.10

isolé par défaut

état dans lequel une paire de ports est dans un état isolé lorsqu'aucune énergie d'activation n'est appliquée pour un commutateur sans verrouillage

3.2 Définitions des composants

3.2.1

commutateur optique

composant passif traitant un ou plusieurs ports et permettant, au choix, de transmettre, de réacheminer ou de bloquer la puissance optique dans une ligne de transmission par fibre optique

3.2.2

commutateur à verrouillage

commutateur qui maintient son dernier état et un niveau de performance spécifié lorsque l'énergie d'activation ayant entraîné le changement est supprimée

3.2.3

commutateur sans verrouillage

commutateur qui retourne à l'état d'origine ou à un état non défini lorsque l'énergie d'activation ayant entraîné un changement est supprimée

3.2.4

commutateur à effet magnéto-optique

commutateur MO

commutateur optique qui utilise l'effet magnéto-optique (phénomène de variation de l'état de polarisation de la lumière émise et de la lumière réfléchie, dû à un champ magnétique)

Note 1 à l'article: L'Annexe A présente un exemple de technologies de commutateurs à effet magnéto-optique.

3.2.5**commutateur mécanique**

commutateur optique qui réalise la fonction de commutation par déplacement d'une partie mobile

Note 1 à l'article: L'Annexe B présente un exemple de technologies de commutateurs mécaniques.

3.2.6**commutateur selon la technologie des systèmes micro-électromécaniques**

commutateur MEMS

commutateur optique utilisant la technologie MEMS, telle que définie dans l'IEC 62047-1

Note 1 à l'article: L'Annexe C présente un exemple de commutateurs selon la technologie des systèmes micro-électromécaniques.

Note 2 à l'article: L'abréviation «MEMS» est dérivée du terme anglais développé correspondant «micro-electromechanical system».

3.2.7**commutateur à effet thermo-optique**

commutateur TO

commutateur optique qui utilise l'effet thermo-optique (phénomène de variation de l'indice de réfraction, provoqué par les variations de température)

Note 1 à l'article: L'Annexe D présente un exemple de technologies de commutateurs à effet thermo-optique.

3.3 Définitions des paramètres de performance**3.3.1****longueur d'onde de fonctionnement**

λ

longueur d'onde nominale à laquelle un composant passif est conçu pour fonctionner à la performance spécifiée

3.3.2**perte d'insertion**

élément a_{ij} (où $i \neq j$) de la matrice de transfert logarithmique

Note 1 à l'article: Il s'agit de la réduction de la puissance optique entre le port d'entrée et le port de sortie d'un composant passif, exprimée en décibels et définie comme suit:

$$a_{ij} = -10 \log_{10}(P_j/P_i)$$

où

P_i est la puissance optique injectée dans le port d'entrée, et

P_j est la puissance optique reçue du port de sortie.

Note 2 à l'article: Les valeurs de perte d'insertion dépendent de l'état du commutateur.

3.3.3**affaiblissement de réflexion**

élément a_{ii} (où $i = j$) de la matrice de transfert logarithmique

Note 1 à l'article: Il s'agit de la fraction de la puissance d'entrée qui est renvoyée par un port d'un composant passif. Elle est définie par l'équation suivante:

$$RL_i = -10 \log_{10}(P_{\text{refl}}/P_i)$$

où

P_i est la puissance optique injectée dans un port, et

P_{refl} est la puissance optique reçue en retour de ce même port.

Note 2 à l'article: Les valeurs de l'affaiblissement de réflexion dépendent de l'état du commutateur.

3.3.4

diaphonie

rapport de la puissance de sortie du port d'entrée isolé à la puissance de sortie du port d'entrée conducteur pour un port de sortie

3.3.5

temps de latence

3.3.5.1

temps de latence

t_l

<commutation de l'état isolé à l'état conducteur> temps compris entre l'instant où la puissance de sortie d'un port de sortie spécifié atteint 10 % de sa valeur finale, et l'instant où l'énergie d'activation est appliquée, lors de la commutation d'un état isolé à un état conducteur, isolé par défaut pour un commutateur sans verrouillage, ou un commutateur à verrouillage

VOIR: Figure 1.

3.3.5.2

temps de latence

t_l'

<commutation de l'état conducteur à l'état isolé, isolé par défaut pour un commutateur sans verrouillage> temps compris entre l'instant où la puissance de sortie d'un port de sortie spécifié atteint 90 % de sa valeur initiale, et l'instant où l'énergie d'activation est enlevée, lors de la commutation d'un état conducteur à un état isolé, isolé par défaut pour un commutateur sans verrouillage

VOIR: Figure 1.

3.3.5.3

temps de latence

t_l'

<commutation de l'état conducteur à l'état isolé, pour un commutateur à verrouillage> temps compris entre l'instant où la puissance de sortie d'un port de sortie spécifié atteint 90 % de sa valeur finale, et l'instant où l'énergie d'activation est appliquée, lors de la commutation d'un état conducteur à un état isolé, pour un commutateur à verrouillage

VOIR: Figure 1.

Note 1 à l'article: Voir Annexe E.

3.3.6

temps de montée

temps compris entre l'instant où la puissance de sortie du port de sortie spécifié passe de 10 % de sa valeur finale à 90 % de sa valeur finale

3.3.7

temps de descente

temps compris entre l'instant où la puissance de sortie du port de sortie spécifié chute de 90 % de sa valeur finale à 10 % de sa valeur finale

3.3.8

temps de rebondissement

3.3.8.1

temps de rebondissement

t_b

<commutation de l'état isolé à l'état conducteur> temps compris entre l'instant où la puissance de sortie d'un port de sortie spécifié conserve entre 90 % et 110 % de sa valeur finale, et la première fois où la puissance de sortie d'un port de sortie spécifié atteint 90 % de sa valeur finale

VOIR: Figure 1.

3.3.8.2

temps de rebondissement

t_b'

<commutation de l'état conducteur à l'état isolé> temps compris entre l'instant où la puissance de sortie d'un port de sortie spécifié conserve entre 0 % et 10 % de sa valeur finale, et la première fois où la puissance de sortie d'un port de sortie spécifié atteint 10 % de sa valeur finale

VOIR: Figure 1.

3.3.9

temps de commutation

3.3.9.1

temps de commutation

t_s

<commutation de l'état isolé à l'état conducteur> temps de commutation est défini comme suit:

$$t_s = t_l + t_r + t_b$$

où

t_l est le temps de latence;

t_r est le temps de montée;

t_b est le temps de rebondissement.

3.3.9.2

temps de commutation

t_s'

<commutation de l'état conducteur à l'état isolé> le temps de commutation est défini comme suit:

$$t_s' = t_l' + t_f + t_b'$$

où

t_l' est le temps de latence;

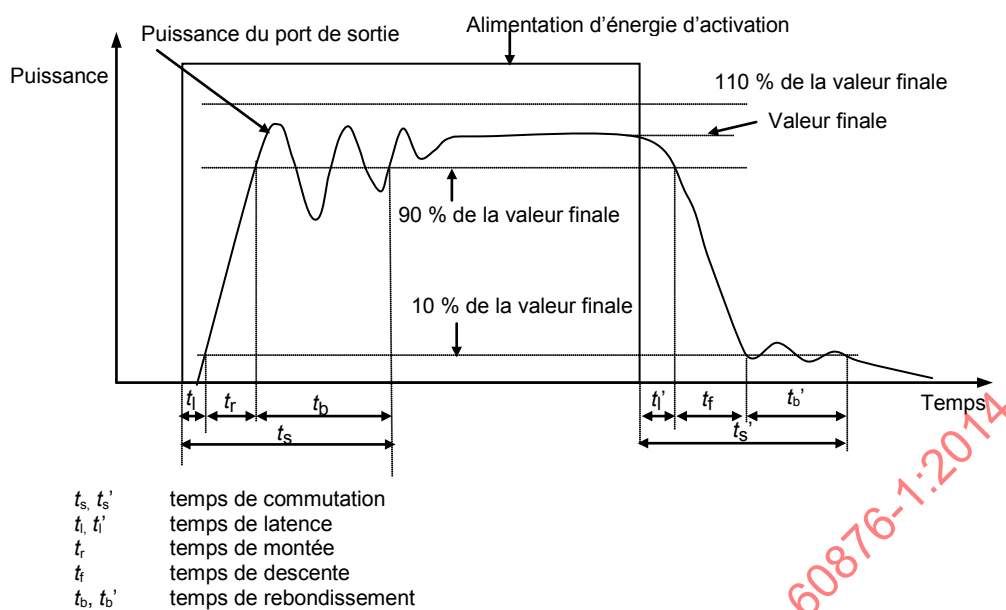
t_f est le temps de descente;

t_b' est le temps de rebondissement.

3.3.10

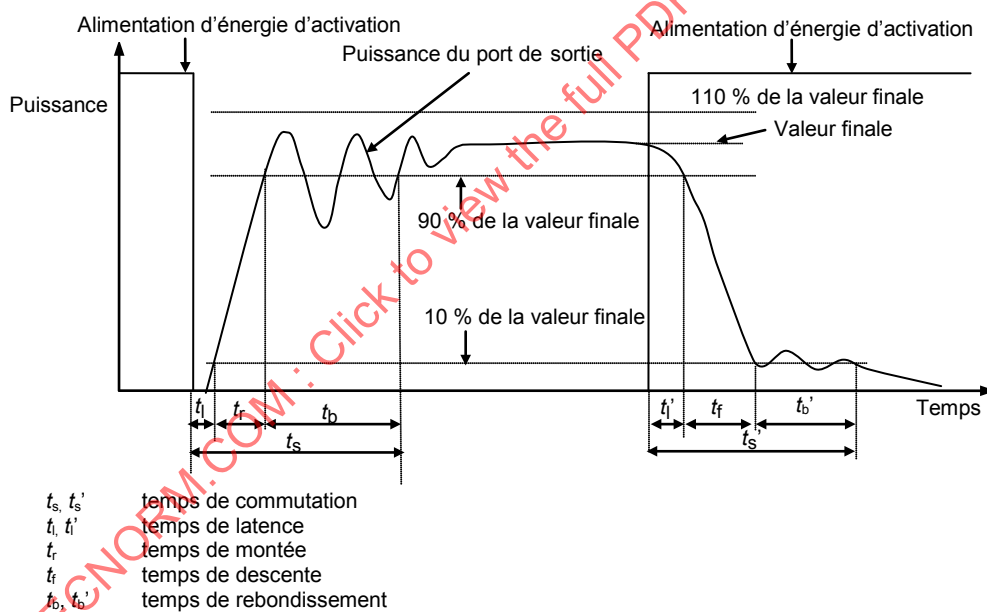
matrice du temps de commutation

matrice de coefficients dans laquelle chaque coefficient S_{ij} correspond au temps de commutation le plus long pour basculer un chemin ij de passant ou bloquant à partir de n'importe quel état initial



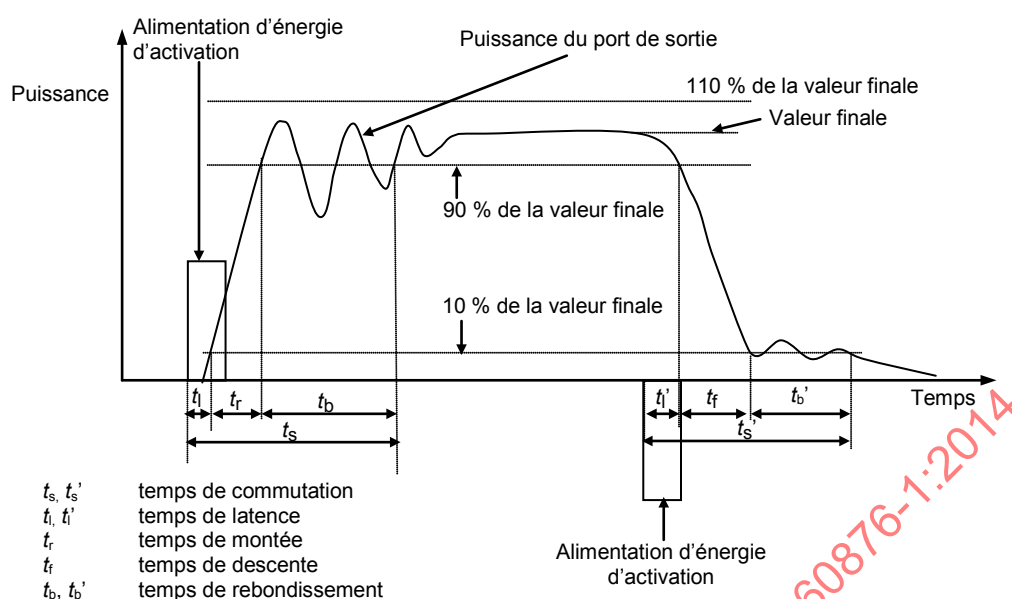
IEC

Figure 1a – Commutateur sans verrouillage, isolé par défaut



IEC

Figure 1b – Commutateur sans verrouillage, conducteur par défaut



IEC

Figure 1c – Commutateur à verrouillage

Figure 1 – Représentation du temps de latence, du temps de montée, du temps de descente, du temps de rebondissement et du temps de commutation

Note 1 à l'article: Si, pour quelque raison que ce soit, la puissance stable de l'état isolé n'est pas égale à zéro, il convient que tous les niveaux de puissance conduisant aux définitions de temps de latence, de temps de montée, de temps de descente, de temps de rebondissement et, par conséquent, de temps de commutation, soient normalisés, en soustrayant de ces derniers la puissance stable de l'état isolé, avant d'appliquer de telles définitions.

4 Exigences

4.1 Classification

4.1.1 Généralités

Les commutateurs spatiaux à fibres optiques doivent être classés en fonction des critères suivants:

- type;
- modèle;
- variante;
- niveau d'assurance de la qualité;
- extensions de références normatives.

Le Tableau 1 est un exemple de classification des commutateurs.

Tableau 1 – Exemple de classification type de commutateurs

Type:	Commutateur mécanique 1×2
Modèle:	– Configuration B – Fibre A1 type IEC – Connecteur F-SMA
Variantes:	Moyens de fixation
Niveau d'assurance de la qualité:	A
Extensions de références normatives:	

4.1.2 Type

4.1.2.1 Généralités

Les commutateurs sont classés par types en fonction de leur mécanisme de commande, de leur verrouillage et de leur topologie (fonction de commutation optique).

Les commutateurs présentent des mécanismes de commande multiples. Les technologies suivantes sont des exemples non exhaustifs des technologies actuelles utilisées dans l'industrie:

- effet magnéto-optique (MO);
- mécanique;
- système micro-électromécanique (MEMS);
- effet thermo-optique (TO).

Les commutateurs sont classés en deux types en fonction de leur fonction de verrouillage:

- commutateur à verrouillage;
- commutateur sans verrouillage.

Il existe un nombre pratiquement infini de topologies possibles. Chaque topologie est illustrée par un schéma et elle est définie par une matrice de transfert unique.

Les topologies de dispositifs suivantes ne concernent que les dispositifs couramment utilisés de nos jours dans l'industrie. Les schémas qui suivent ne correspondent pas nécessairement à la représentation physique du commutateur et de ses ports.

Les exemples présentés de 4.1.2.2 à 4.1.2.4 ne s'appliquent qu'à des commutateurs unidirectionnels, pour lesquels $t_{ij} \neq t_{ji}$. Pour les commutateurs bidirectionnels, $t_{ij} = t_{ji}$ dans chacune des matrices de transfert ci-dessous.

4.1.2.2 Commutateur unipolaire à une position

La Figure 2 représente un commutateur unipolaire, à un seul sens.

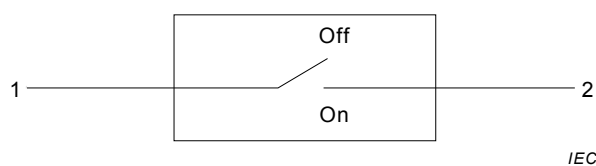


Figure 2 – Commutateur unipolaire, à un seul sens

Ce commutateur comporte un port d'entrée et un port de sortie. La Figure 3 présente la matrice de transfert décrivant le dispositif.

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{21} \\ t_{12} & t_{22} \end{bmatrix}$$

IEC

Figure 3 – Matrice de transfert pour un port d'entrée et un port de sortie

Idéalement, t_{12} est à 1 et les autres coefficients sont à 0 lorsque le commutateur est en marche. Lorsque le commutateur est à l'arrêt, tous les coefficients sont à 0.

4.1.2.3 Commutateur unipolaire à N positions

La Figure 4 représente un commutateur unipolaire, à N positions.

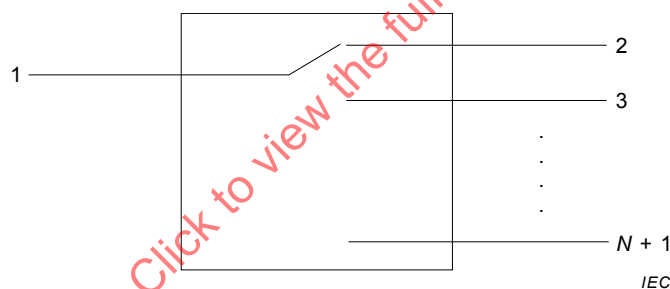


Figure 4 – Commutateur unipolaire, à N positions

Ce commutateur comporte un port d'entrée et N ports de sortie. La Figure 5 présente la matrice de transfert décrivant le dispositif.

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & t_{1N+1} \\ t_{21} & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & t_{ij} & & & \cdot \\ \cdot & & & & & \\ t_{N+11} & \cdot & & & & t_{N+1N+1} \end{bmatrix}$$

IEC

Figure 5 – Matrice de transfert pour un port d'entrée et N ports de sortie

Idéalement, t_{12} est à 1 et les autres coefficients sont à 0 pour la première position du commutateur. Pour la i -ème position générique du commutateur, le coefficient de transfert $t_{1\ i+1}$ est à 1 et les autres coefficients sont à 0.

4.1.2.4 Commutateur matriciel à N ports

La Figure 6 représente un commutateur matriciel à N ports.

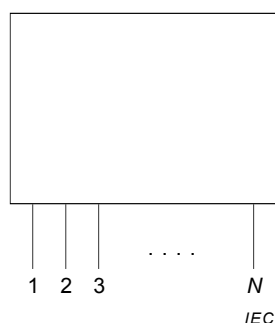


Figure 6 – Commutateur matriciel à N ports

Ce commutateur comporte N ports. La Figure 7 présente la matrice de transfert décrivant le dispositif.

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & t_{1N} \\ t_{21} & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & & t_{ij} & & \cdot \\ \cdot & & & & & \\ t_{N11} & \cdot & & & & t_{NN} \end{bmatrix}$$

IEC

Figure 7 – Matrice de transfert pour un commutateur à N ports

Un commutateur à matrice 2×2 est un cas particulier comportant deux ports d'entrée et deux ports de sortie.

Avec un certain type, il est possible d'avoir quatre positions avec les coefficients de transfert t_{14} et t_{23} toujours à zéro alors que t_{13} et t_{24} ont les valeurs indiquées dans le Tableau 2. La Figure 8 représente un commutateur à quatre ports sans croisements.

Tableau 2 – Matrice de transfert d'un commutateur à quatre ports sans croisements

Coefficient de transfert	Etat			
	1	2	3	4
t_{13}	1	0	1	0
t_{24}	1	1	0	0

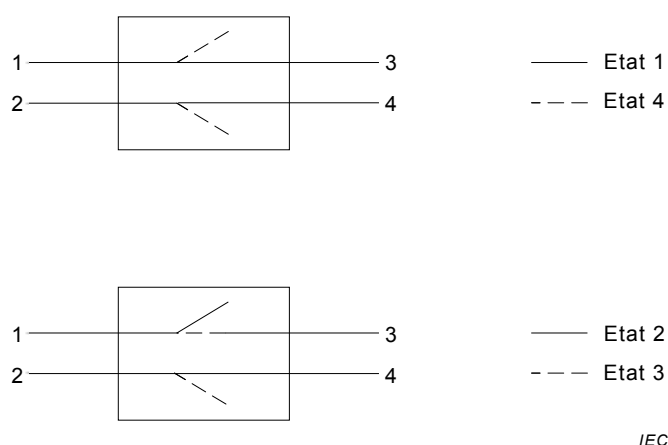


Figure 8 – Commutateur à quatre ports sans croisements

Avec un autre type, on a un commutateur avec croisements ou un commutateur de dérivation à quatre ports. Un tel commutateur comporte deux ports d'entrée et deux ports de sortie. Les coefficients de transfert sont indiqués au Tableau 3. La Figure 9 représente un commutateur à quatre ports avec croisements.

Tableau 3 – Matrice de transfert d'un commutateur à quatre ports avec croisements

Coefficient de transfert	Etat	
	1	2
t_{13}	1	0
t_{24}	1	0
t_{14}	0	1
t_{23}	0	1

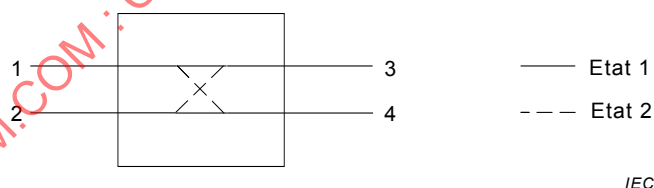


Figure 9 – Commutateur à quatre ports avec croisements

4.1.3 Modèle

Les commutateurs peuvent être classés en modèles en fonction du type de fibres, de connecteurs, de câbles, de la forme et des dimensions du boîtier ainsi que de la configuration.

La configuration des ports des commutateurs est classée comme indiqué ci-après.

La Figure 10 présente la configuration A, dispositif contenant des fibres optiques amorces intégrées sans connecteurs.



Figure 10 – Configuration A, dispositif contenant des fibres optiques amorces intégrées sans connecteurs

La Figure 11 présente la configuration B, dispositif contenant des fibres optiques amorces intégrées, avec un connecteur sur chaque fibre amorce.

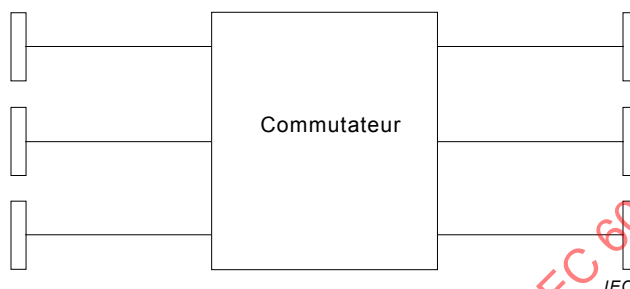


Figure 11 – Configuration B, dispositif contenant des fibres optiques amorces intégrées, avec un connecteur sur chaque fibre amorce

La Figure 12 présente la configuration C, dispositif contenant un connecteur à fibres optiques faisant partie intégrante du boîtier du dispositif.

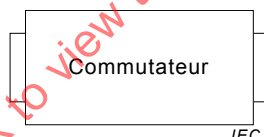


Figure 12 – Configuration C, dispositif contenant un connecteur à fibres optiques faisant partie intégrante du boîtier du dispositif

La configuration D concerne les dispositifs contenant une certaine combinaison d'éléments d'interface des configurations précédentes.

4.1.4 Variante

La variante d'un commutateur identifie les caractéristiques des composants dont la structure est similaire.

Les exemples de caractéristiques qui définissent une variante incluent, sans toutefois s'y limiter, les éléments suivants:

- orientation des ports sur le boîtier;
- moyens de fixation.

4.1.5 Extension de références normatives

Les extensions de références normatives sont utilisées pour identifier les spécifications indépendantes des normes, ou les autres documents de référence intégrés dans les spécifications particulières cadres.

Sauf spécification particulière, les exigences supplémentaires imposées par une extension sont obligatoires. L'usage a pour principal objectif de fusionner les composants associés afin de constituer des dispositifs hybrides, ou des exigences d'application fonctionnelle intégrées qui soient dépendantes d'une technicité autre que les fibres optiques.

Les documents de référence publiés par l'UIT, qui sont cohérents avec les domaines d'application des séries de spécifications IEC correspondantes, peuvent être utilisés comme extensions. Les documents publiés produits par d'autres organismes de normalisation régionaux tels que l'ANSI, le CENELEC, le JIS, etc., peuvent être référencés dans une bibliographie jointe à la spécification générique.

Certaines configurations de commutateurs spatiaux exigent des dispositions d'homologation particulières qui ne doivent pas être imposées de manière universelle. Cela répond aux besoins des configurations de conception de composants individuels, des outillages techniques spécialisés ou des processus d'application spécifiques. Dans ce cas, des exigences sont nécessaires à la garantie de caractéristiques de fonctionnement pouvant se répéter ou d'une sécurité adéquate, et à la disposition de lignes directrices supplémentaires en vue d'une spécification de produits qui soit complète, et elles doivent être définies dans la spécification applicable. Ces extensions sont obligatoires lorsqu'elles doivent être utilisées pour préparer, assembler ou installer un commutateur spatial, pour une application pratique ou pour la préparation de spécimens d'essais d'homologation. La spécification applicable doit clarifier toutes les stipulations. Toutefois, les extensions dépendant de la conception et du modèle ne doivent pas être imposées de manière universelle.

Dans le cas d'exigences contradictoires, la priorité doit être donnée, par ordre décroissant, à la spécification générique sur toute extension obligatoire, sur la spécification particulière cadre, sur la spécification particulière ou sur toute extension spécifique à l'application.

Des exemples d'exigences relatives à des extensions normatives sont les suivants:

- Certaines applications dans des immeubles commerciaux ou d'habitation peuvent nécessiter une référence directe à des codes et à des règles de sécurité spécifiques ou intégrer d'autres exigences spécifiques relatives à l'inflammabilité ou à la toxicité des matériaux pour des lieux spécialisés.
- Il se peut que l'outillage d'application spécialisé nécessite une extension afin de mettre en œuvre des exigences spécifiques de sécurité oculaire, de prévention des chocs électriques et autres risques de brûlures, ou nécessite des procédures d'isolement afin de prévenir toute inflammation potentielle de gaz combustibles.

4.2 Documentation

4.2.1 Symboles

Les symboles graphiques et littéraux doivent, dans toute la mesure du possible, être issus de la série IEC 60027, de la série IEC 60617 et de la série IEC TR 61930.

4.2.2 Système de spécifications

4.2.2.1 Généralités

La présente spécification fait partie du système de spécifications IEC. Les spécifications connexes doivent être constituées des spécifications particulières cadres et des spécifications particulières. Ce système est présenté au Tableau 4. Il n'existe pas de spécifications intermédiaires pour les commutateurs.

Tableau 4 – Structure des spécifications IEC

Niveau de spécification	Exemples d'informations à préciser	Applicable à
Fondamentale	Règles du système d'assurance de la qualité Règles de contrôle Méthodes de mesurage optique Méthodes d'essais environnementaux Plans d'échantillonnage Règles d'identification Normes de marquage Normes dimensionnelles Terminologie Symboles normalisés Séries numériques préférentielles Unités SI	Deux ou plusieurs familles ou sous-familles de composants
Générique	Terminologie spécifique Symboles spécifiques Unités spécifiques Valeurs préférentielles Marquage Procédures d'assurance de la qualité Sélection des essais Procédures d'homologation Procédures d'agrément de savoir-faire	Famille de composants
Particulière cadre	Programmes d'essais de conformité de la qualité Exigences de contrôle Informations communes à un certain nombre de types	Groupes de types ayant un programme d'essais commun
Particulière	Valeurs individuelles Informations spécifiques Programmes d'essais de conformité de la qualité achevés	Type individuel

4.2.2.2 Spécification particulière cadre

Les spécifications particulières cadres ne constituent pas, par elles-mêmes, un niveau de spécification. Elles sont associées à la spécification générique.

Chaque spécification particulière cadre doit contenir:

- les programmes d'essais minimaux obligatoires et les exigences de performance;
- un ou plusieurs niveaux d'assurance de la qualité;
- le format préférentiel pour indiquer les informations nécessaires dans la spécification particulière;
- dans le cas de composants hybrides, y compris les connecteurs, ajouter les champs d'entrée appropriés permettant d'indiquer le document normatif de référence, le titre du document ainsi que la date de publication.

4.2.2.3 Spécification particulière

Un commutateur spécifique est décrit par une spécification particulière correspondante, préparée en remplissant les cases vides de la spécification particulière cadre. Dans les limites des contraintes imposées par cette spécification générique, la spécification particulière cadre peut être remplie par tout comité national de l'IEC, définissant ainsi un modèle de commutateur particulier comme une norme IEC officielle.

Les spécifications particulières doivent stipuler les informations suivantes, selon ce qui est applicable:

- type (voir 4.1.2);
- modèle (voir 4.1.3);
- variante(s) (voir 4.1.4);
- niveau d'assurance de la qualité (voir 4.1.5);
- numéro d'identification de pièce pour chaque variante (voir 4.7.2);
- plans et dimensions requises (voir 4.2.3);
- programmes d'essais d'assurance de la qualité (voir 4.1.5);
- exigences de performance (voir 4.6).

4.2.3 Plans

4.2.3.1 Généralités

Les plans et dimensions indiqués dans les spécifications particulières ne doivent pas se limiter aux détails de construction ni être utilisés comme plans de fabrication.

4.2.3.2 Système de projection

La projection en premier ou en troisième dièdre doit être utilisée pour les plans des documents couverts par la présente spécification. Tous les plans contenus dans un document doivent utiliser le même système de projection et mentionner le système employé.

4.2.3.3 Système dimensionnel

Toutes les dimensions doivent être indiquées conformément à l'ISO 129-1, à l'ISO 286-1 et à l'ISO 1101.

Le système métrique doit être utilisé dans toutes les spécifications.

Les dimensions ne doivent pas contenir plus de cinq chiffres significatifs.

Lorsque des unités sont converties, une note dans ce sens doit être ajoutée dans chaque spécification particulière.

4.2.4 Essais et mesurages

4.2.4.1 Méthodes d'essais et de mesurages

Les méthodes d'essais et de mesurages à utiliser pour les caractéristiques optiques, mécaniques et environnementales des commutateurs doivent être définies et sélectionnées de préférence dans la série IEC 61300.

La méthode de mesurage des dimensions à utiliser doit être spécifiée dans la spécification particulière pour les dimensions qui sont spécifiées dans une zone de tolérance totale ne dépassant pas 0,01 mm.

4.2.4.2 Composants de référence

Les composants de référence utilisés pour le mesurage doivent, si nécessaire, être précisés dans la spécification particulière.

4.2.4.3 Calibres

Les calibres doivent, si nécessaire, être spécifiés dans la spécification particulière.

4.2.5 Rapports d'essai

Des rapports d'essai doivent être préparés pour chaque essai effectué conformément à la spécification particulière. Ces rapports doivent être inclus dans le rapport d'homologation et dans le rapport de contrôle périodique.

Les rapports doivent au moins contenir les informations suivantes:

- le nom et la date de l'essai;
- la description du spécimen, y compris le numéro d'identification de la variante (voir 4.7.2);
- le dispositif d'essai utilisé et la date du dernier étalonnage;
- tous les détails de l'essai applicable;
- toutes les valeurs et les observations relatives au mesurage;
- une documentation suffisamment détaillée pour fournir toutes les informations nécessaires à l'analyse des défaillances.

4.2.6 Instructions d'utilisation

Les instructions d'utilisation doivent, si nécessaire, être fournies par le fabricant et doivent comprendre:

- les instructions de montage et de raccordement;
- la méthode de nettoyage;
- les aspects de sécurité;
- toute autre information nécessaire.

4.3 Système de normalisation

4.3.1 Normes d'interface

Les normes d'interface fournissent au fabricant et à l'utilisateur toutes les informations dont ils ont besoin pour fabriquer ou utiliser les produits conformément aux caractéristiques physiques de cette interface normalisée. Les normes d'interface définissent et délimitent entièrement les éléments essentiels à l'accouplement et au désaccouplement des connecteurs à fibres optiques et autres composants. Elles permettent également de positionner la cible de référence optique, lorsqu'elle est définie, par rapport à un autre élément de référence.

Les normes d'interface garantissent que les connecteurs et les raccords conformes à la norme s'adaptent l'un à l'autre. Les normes peuvent également contenir des classes de tolérance pour les férules et les dispositifs d'alignement. Les classes de tolérance sont utilisées pour fournir différents niveaux de précision d'alignement.

Les dimensions d'interface peuvent également être utilisées pour la conception d'autres composants qui s'accouplent avec les connecteurs. Par exemple, un support de dispositif actif peut être conçu en utilisant les dimensions d'interface des raccords. L'utilisation de ces dimensions combinées aux dimensions d'une fiche normalisée garantit au concepteur que les

fiches normalisées s'adaptent au support du dispositif optique. Ces dimensions fournissent également l'emplacement de la cible de référence optique de la fiche.

Les dimensions d'interface normalisées ne garantissent pas, en elles-mêmes, les caractéristiques de performance optiques. Elles assurent uniquement l'accouplement du connecteur à un ajustement spécifié. Les caractéristiques de performance optiques sont habituellement garanties par le biais de la spécification de fabrication. Les produits issus des mêmes spécifications de fabrication ou de spécifications différentes utilisant la même interface normalisée s'adapteront toujours les uns aux autres. Les caractéristiques de performance peuvent être garanties par tout fabricant individuel uniquement pour les produits fournis selon la même spécification de fabrication. Il est cependant tout à fait envisageable que des produits d'accouplement issus de différentes spécifications de fabrication puissent atteindre un certain niveau de performance, sans toutefois espérer que ce dernier soit d'une certaine façon meilleur que celui de la performance la plus faible ayant fait l'objet d'une spécification.

4.3.2 Normes de performance

Les normes de performance contiennent une série d'essais et de mesurages (qui peuvent ou non être regroupés dans un programme spécifié selon les exigences de cette norme) avec des conditions, des sévérités et autres critères de réussite/échec clairement définis. Les essais sont destinés à être effectués en une seule et unique fois, afin de démontrer la capacité d'un produit donné à satisfaire aux exigences de normes de performance. Chaque norme de performance dispose d'un ensemble d'essais et/ou de sévérités (et/ou de groupements) différent, qui représente les exigences d'un secteur économique, d'un groupe d'utilisateurs ou d'une localisation de système.

Un produit dont la conformité à toutes les exigences d'une norme de performance a été démontrée peut être déclaré conforme à une norme de performance, mais il convient alors qu'il soit contrôlé par un programme d'assurance de la qualité/ de conformité de la qualité.

Il est possible de définir un point essentiel des normes d'essais et de mesurages pour leur application (notamment pour ce qui concerne la perte d'insertion et l'affaiblissement de réflexion), conjointement à celle des normes d'interface de compatibilité entre produits. La conformité à la présente norme sera garantie pour chaque produit individuel.

4.3.3 Normes de fiabilité

Les normes de fiabilité sont destinées à garantir qu'un composant peut satisfaire aux spécifications de performance dans les conditions indiquées pendant une période définie.

Pour chaque type de composant, les informations suivantes doivent être identifiées (et doivent figurer dans la norme):

- modes de défaillance (conséquences mécaniques ou optiques générales observables d'une défaillance);
- mécanismes de défaillance (causes générales d'une défaillance, commune à plusieurs composants);
- conséquences d'une défaillance (détails des causes d'une défaillance, spécifique à un composant particulier).

Tous ces modes, mécanismes et conséquences sont liés aux questions d'ordre environnemental et matériel.

Initialement, juste après la fabrication du composant, il existe une phase de mortalité infantile au cours de laquelle de nombreux composants présenteraient une défaillance s'ils étaient diffusés. Afin d'éviter toute défaillance précoce dans la pratique, tous les composants doivent être soumis à un processus de déverminage en usine, comportant des contraintes environnementales de nature mécanique, thermique ou liées à l'humidité. Cet essai consiste