

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**Fibre optic sensors –  
Part 1: Generic specification**

**Capteurs à fibres optiques –  
Partie 1: Spécification générique**





**THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED**  
**Copyright © 2012 IEC, Geneva, Switzerland**

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

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

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### 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.

#### Useful links:

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

The advanced search enables you 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It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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](http://webstore.iec.ch/justpublished)

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

Electropedia - [www.electropedia.org](http://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 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://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](mailto:csc@iec.ch).

---

### A propos de la CEI

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

### A propos des publications CEI

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

#### Liens utiles:

Recherche de publications CEI - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI 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.

Just Published CEI - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

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

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

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

Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://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](mailto:csc@iec.ch).



IEC 61757-1

Edition 2.0 2012-05

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



**Fibre optic sensors –  
Part 1: Generic specification**

**Capteurs à fibres optiques –  
Partie 1: Spécification générique**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX



ICS 33.180.99

ISBN 978-2-83220-090-2

**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 .....	8
4 Quality assurance.....	15
5 Test and measurement procedures.....	15
5.1 General .....	15
5.2 Standard conditions for testing .....	16
5.3 Test and measurement equipment requirements .....	16
5.4 Visual inspection .....	16
5.5 Dimensions .....	16
5.6 Metrological properties .....	16
5.6.1 General .....	16
5.6.2 Metrological parameters .....	17
5.7 Optical tests .....	17
5.7.1 General .....	17
5.7.2 Optical power .....	17
5.7.3 Nominal wavelength and appropriate spectral characteristics .....	17
5.7.4 State of polarization .....	17
5.7.5 Fibre connector performance .....	17
5.8 Electrical tests.....	18
5.8.1 General .....	18
5.8.2 Parameters and test procedures .....	18
5.8.3 Voltage stress .....	18
5.9 Mechanical tests .....	18
5.9.1 General .....	18
5.9.2 Parameters and test procedures .....	19
5.10 Climatic and environmental tests .....	19
5.10.1 General .....	19
5.10.2 Parameters and test procedures .....	19
5.11 Susceptibility to ambient light .....	20
5.12 Resistance to solvents and contaminating fluids .....	20
6 Classification.....	20
6.1 General.....	20
6.2 Measurand .....	20
6.2.1 Presence/absence of objects or features .....	20
6.2.2 Position .....	21
6.2.3 Rate of positional change .....	21
6.2.4 Flow .....	21
6.2.5 Temperature.....	21
6.2.6 Force x directional vector .....	21
6.2.7 Force per area.....	22
6.2.8 Strain .....	22
6.2.9 Electromagnetic quantities.....	22

6.2.10	Ionizing and nuclear radiation .....	22
6.2.11	Other physical properties of materials.....	22
6.2.12	Composition and specific chemical quantities .....	23
6.2.13	Particulates .....	23
6.2.14	Imaging .....	23
6.3	Transduction principle .....	23
6.3.1	Active generation of light .....	23
6.3.2	Atom-field interaction.....	23
6.3.3	Coherence modulation.....	23
6.3.4	Intensity modulation .....	23
6.3.5	Optical spectrum modulation .....	23
6.3.6	Phase modulation .....	24
6.3.7	Polarization modulation .....	24
6.4	Spatial distribution.....	24
6.5	Interface level .....	24
7	Marking, labelling, packaging .....	24
7.1	Marking of component .....	24
7.2	Marking of sealed package.....	24
8	IEC type designation .....	24
9	Safety aspects.....	25
9.1	General.....	25
9.2	Personal safety .....	25
9.3	Safety in explosive environment .....	25
10	Ordering information.....	25
11	Drawings included in the sectional, family and detail specifications .....	25
Annex A (informative)	Examples of fibre optic sensors.....	26
Bibliography	.....	34
Figure 1	– Fibre optic sensor configuration with a passive sensing element and separate fibre leads for optical input and output.....	14
Figure 2	– Fibre optic sensor configuration with an active sensing .....	14
Figure 3	– Fibre optic sensor configuration with a passive sensing element and one fibre lead for optical input and output; signal separation is realized by a Y-splitter .....	15

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## FIBRE OPTIC SENSORS –

## 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 61757-1 has been prepared by subcommittee 86C: Fibre optic systems and active devices, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1998 and constitutes a technical revision.

This edition includes a substantial technical update of all clauses, definitions, and cited references with respect to the previous edition.

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

FDIS	Report on voting
86C/1059/FDIS	86C/1066/RVD

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

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

A list of all the parts in the IEC 61757 series, published under the general title *Fibre optic sensors*, 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 SENSORS –

### Part 1: Generic specification

#### 1 Scope

This part of IEC 61757 is a generic specification covering optical fibres, components and sub-assemblies as they pertain specifically to fibre optic sensing applications. It has been designed to be used as a common working and discussion tool by the vendor of components and subassemblies intended to be integrated in fibre optic sensors, as well as by designers, manufacturers and users of fibre optic sensors independent of any application or installation.

The objective of this generic specification is to define, classify and provide the framework for specifying fibre optic sensors, and their specific components and subassemblies. The requirements of this standard apply to all related sectional, family, and detail specifications. Sectional specifications will contain requirements specific to sensors for particular quantities subject to measurement. Within each sectional specification, family and detail specifications contain requirements for a particular style or variant of a fibre optic sensor of that sectional specification.

A fibre optic sensor contains an optical or optically powered sensing element in which the information is created by reaction of light to a measurand. The sensing element can be the fibre itself or an optically powered element inserted along the optical path. In a fibre optic sensor, one or more light parameters are directly or indirectly modified by the measurand somewhere in the optical path, contrary to an optical data link where the information is merely transmitted from the transmitter to the receiver.

Generic tests or measurement methods are defined for specified attributes. Where possible, these definitions are by reference to an IEC standard – otherwise the test or measurement method is outlined in the relevant sectional, family and/or detail specification.

Annex A gives examples of fibre optic sensors to better illustrate the classification scheme. The examples given are illustrative only and are not limitative, nor do they constitute a recommendation or endorsement of a particular transduction principle.

#### 2 Normative references

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

IEC 60050, *International Electrotechnical Vocabulary*

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068-1 *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2-1, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Test A: Cold*

IEC 60068-2-2, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-5, *Environmental testing – Part 2-5: Tests – Test Sa: Simulated solar radiation at ground level and guidance for solar radiation testing*

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-10, *Environmental testing – Part 2-10: Tests – Test J and guidance: Mould growth*

IEC 60068-2-11, *Basic environmental testing procedures – Part 2-11: Tests – Test Ka: Salt mist*

IEC 60068-2-13, *Basic environmental testing procedures – Part 2-13: Tests – Test M: Low air pressure*

IEC 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-27, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-30, *Environmental testing - Part 2-30: Tests - Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60068-2-42, *Environmental testing – Part 2-42: Tests – Test Kc: Sulphur dioxide test for contacts and connections*

IEC 60068-2-43, *Environmental testing – Part 2-43: Tests – Test Kd: Hydrogen sulphide test for contacts and connections*

IEC 60068-2-78, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60079-28, *Explosive atmospheres – Part 28: Protection of equipment and transmission systems using optical radiation*

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

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

IEC 60793-1-1, *Optical fibres – Part 1-1: Measurement methods and test procedures – General and guidance*

IEC 60793-1-54, *Optical fibres – Part 1-54: Measurement methods and test procedures - Gamma irradiation*

IEC 60793-2, *Optical fibres – Part 2: Product specifications – General*

IEC 60794-1-1, *Optical fibre cables – Part 1: Generic specification – General*

IEC 60794-1-2, *Optical fibre cables – Part 1-2: Generic specification – Basic optical cable test procedures*

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

IEC 60874-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Connectors for optical fibres and cables – Part 1: Generic specification*

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

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

IEC 61300-2-18, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-18: Tests – Dry heat – High temperature endurance*

IEC 61300-2-22, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-22: Tests – Change of temperature*

IEC 61300-2-34, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-34: Tests – Resistance to solvents and contaminating fluids of interconnecting components and closures*

IEC 61300-2-46, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-46: Tests – Damp heat, cyclic*

IEC 61300-3-35, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-35: Examinations and measurements – Fibre optic connector endface visual and automated inspection*

IEC 61753 (all parts), *Fibre optic interconnecting devices and passive components performance standard*

IEC/TR 61931, *Fibre optic – Terminology*

IEC/TR 62222, *Fire performance of communication cables installed in buildings*

IEC/TR 62283, *Optical fibres – Guidance for nuclear radiation tests*

IEC/TR 62362, *Selection of optical fibre cable specifications relative to mechanical, ingress, climatic or electromagnetic characteristics – Guidance*

IEC/TR 62627-01, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Part 01: Fibre optic connector cleaning methods*

ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

ISO/IEC Guide 99, *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

### **3 Terms and definitions**

For the purpose of this International Standard, the definitions of IEC 60050 (IEV), IEC/TR 61931, ISO/IEC Guide 99 (VIM), and the following apply:

### 3.1

#### **accuracy**

quality which characterizes the ability of a measuring instrument [of a fibre optic sensor] to provide an indicated value close to a true value of the measurand

Note 1 to entry: This term is used in the "true value" approach. This is a value that would be obtained by a perfect measurement.

Note 2 to entry: Accuracy is all the better when the indicated value is closer to the corresponding true value.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-08, modified]

### 3.2

#### **analogue signal interface**

signal interface which provides analogue output signals in a form directly usable for control or measurement purposes, and which is generally electrical

Note 1 to entry: Output schemes should preferably comply with existing interface standards such as those existing for electrical analogue signals. Output schemes can be, for example, 4-20 mA, 0-20 mA, 0-5V, etc. A fibre optic sensor with a photodetector or other square-law detector, or with integrated signal processing electronics is a representative application example.

### 3.3

#### **characteristic curve / calibration curve**

expression of the relation between indication and corresponding measured quantity value

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99]

Note 1 to entry: A characteristic curve / calibration curve expresses a one-to-one relation that does not supply a complete measurement result as it bears no information about the measurement uncertainty.

### 3.4

#### **communication interface**

digital interface of a fibre optic sensor which provides digital output signals in a form directly usable for control or measurement purposes, or which enables digital communication with other digital devices (e.g. personal computer)

Note 1 to entry: It is usually designed to a specific standard (e.g. Universal Serial Interface Bus USB, RS-232) and used for transmitting control and measurement data.

### 3.5

#### **distributed fibre optic sensor**

fibre optic sensor which provides a spatially resolved measurement of a measurand over an extended region by means of a continuous sensing element

### 3.6

#### **drift**

change in the metrological characteristics of a measuring instrument [and /or fibre optic sensor], generally slow, continuous, not necessarily in the same direction and not related to a change in the measurand

### 3.7

#### **durability**

ability of a fibre optic sensor to perform a required function under defined conditions of use and maintenance, until a limiting state is reached

Note 1 to entry: A limiting state of an item may be characterized by the end of the useful life, unsuitability for any economic or technological reasons or other relevant factors.

### 3.8

#### **extrinsic fibre optic sensor**

fibre optic sensor in which the characteristics of the light are affected externally to the optical fibre(s) by the measurand

**3.9****fibre optic sensor**

part of a measuring instrument, or measuring chain, which is directly affected by the measurand and which generates a change in the optical characteristics of an optical fibre related to the value of the measurand. The optical fibre itself acts as the sensing element or it includes an optical or optically powered sensing element and may include one or more of the following (see Figures 1, 2, and 3):

- optical fibre lead;
- signal conditioning.

**3.10****gauge length / measurement basis**

length of the parallel portion of the measured object over which the fibre optic sensor gathers information

[SOURCE: COST Guideline for Use of Fibre Optic Sensors]

Note 1 to entry: For example, if the sensor is only anchored at two fixed points  $L$  cm apart, then the gauge length is  $L$ . On the other hand, if a sensor of length  $l$  is continuously-fixed in or to a measured object of length  $L$ , then the actual gauge length depends on the method of attachment to the measured object and is a function of the mechanical properties of both the sensor and its surrounding; it is generally longer than  $l$  but shorter than  $L$ .

Note 2 to entry: If a user wants to achieve a pre-determined gauge length, he must be very careful in selecting the procedure by which the sensor is anchored/attached/embedded. In case of continuously-fixed sensors, the fixing length must exceed the defined gauge length by a few tens of fibre diameter to avoid shear-lag problems at the edges. In the specific case of fracture or cracks within the gauge length of the sample, the final gauge length must be calculated then from the gauge length at fracture by subtracting from the latter the elastic portion of the elongation.

**3.11****influence quantity**

quantity that, in a direct measurement, does not affect the quantity that is actually measured, but affects the relation between the indication and the measurement result

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99]

**3.12****integrating fibre optic sensor**

fibre optic sensor which provides a measurement result of a measurand over an extended region by means of a continuous sensing element of a defined length. The measurand is not spatially resolved but is integrated or summed over the length of the sensing element.

**3.13****intrinsic fibre optic sensor**

fibre optic sensor whose sensing element consists of one or more optical fibre(s) in which one or more characteristics like intensity, phase, polarization, spectrum, wavelength or transit time of light depend on the measurand

Note 1 to entry: There are a lot of fibre optic sensors where the sensing principle is based on a change in coating characteristics only (e.g. chemical or RH sensors) or on an interaction between core and cladding (e.g. bending sensor). They can be defined as indirect intrinsic fibre optic sensors. Direct intrinsic fibre optic sensors are defined by a direct change of the fibre core characteristics (e.g. Brillouin, Raman or Rayleigh scattering based sensors).

**3.14****instrumental measurement uncertainty**

component of measurement uncertainty arising from a measuring instrument or measuring system in use

Note 1 to entry: Instrumental measurement uncertainty is obtained through calibration of a measuring instrument or measuring system, except for a primary measurement standard for which other means are used.

Note 2 to entry: Instrumental uncertainty is used in a Type B evaluation of measurement uncertainty according to ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*.

### 3.15

#### **limiting operating condition / limiting values for operation**

extreme operating condition that a measuring instrument or measuring system or a sensing element [or a fibre optic sensor] is required to withstand without damage, and without degradation of specified metrological properties, when it is subsequently operated under its rated operating conditions

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99]

Note 1 to entry: Limiting conditions for storage, transport or operation can differ.

Note 2 to entry: Limiting conditions can include limiting values of a quantity being measured and of any influence quantity.

Note 3 to entry: The limiting values can depend on the duration of their application.

### 3.16

#### **measurement precision**

closeness of agreement between indications or measured quantity values obtained by replicate measurements on the same or similar objects under specified conditions

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99]

Note 1 to entry: Measurement precision is usually expressed numerically by measures of imprecision, such as standard deviation, variance, or coefficient of variation under the specified conditions of measurement.

Note 2 to entry: The 'specified conditions' can be, for example, repeatability conditions of measurement, intermediate precision conditions of measurement or reproducibility conditions of measurement.

Note 3 to entry: Measurement precision is used to define measurement repeatability, intermediate measurement precision, and measurement reproducibility.

Note 4 to entry: Sometimes "measurement precision" is erroneously used to mean measurement accuracy.

### 3.17

#### **measuring interval / measuring range**

set of values of quantities of the same kind that can be measured by a given measuring instrument or measuring system [or fibre optic sensor] with specified instrumental uncertainty, under defined conditions

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99]

### 3.18

#### **multiple point fibre optic sensor**

fibre optic sensor consisting of a number of single point sensors which enables a spatially resolved measurement of a measurand over an extended region at discrete locations

### 3.19

#### **optical or optically powered sensing element**

device which accepts information in the form of a physical quantity and converts it to information in the form of an optical quantity, according to a definite law

### 3.20

#### **optical fibre**

filament-shaped waveguide made of dielectric materials for guiding optical waves

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-12-35]

For the purpose of this International Standard, the general specifications for optical fibres of IEC 60793-2 apply.

Note 1 to entry: Fibre optic sensors based on planar or micro-structured waveguides, or photonic crystal fibres or multi-core fibres are under consideration and not yet part of this standard.

### 3.21

#### **optical fibre lead(s)**

optical fibre line(s) which connect the sensing element to the optical source and to the optical receiver

### 3.22

#### **optical interface**

arbitrary point at which the effect of the measurand on the sensing element is optically defined

Note 1 to entry: The optical interface represents the raw optical signal for subsequent processing by the user. Typical attributes for this type of interface would be the wavelength, state of polarization, optical power, and so on. More detailed specifications would include fibre-optic connector style, optical fibre type, etc.

### 3.23

#### **optical receiver**

device which receives the light affected by the measurand and converts it into a quantity, generally electric, according to a predetermined law. It may contain one or more photo detectors, signal conditioners and communication interfaces

### 3.24

#### **optical source**

device which supplies the optical energy required to allow the interaction between the sensing element and the measurand. It contains, as a minimum, a luminous source and it may contain signal conditioning. When the optical energy is generated by the phenomenon sensed, no optical source is required

### 3.25

#### **rated operating condition**

operating condition that must be fulfilled during measurement in order that a measuring instrument or measuring system [or fibre optic sensor] perform as designed

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99]

Note 1 to entry: Rated operating conditions generally specify intervals of values for a quantity being measured and for any influence quantity.

### 3.26

#### **resolution**

smallest change in a quantity being measured that causes a perceptible change in the corresponding indication

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99]

Note 1 to entry: Resolution can depend on, for example, noise (internal or external) or friction. It may also depend on the value of a quantity being measured.

### 3.27

#### **sensitivity**

quotient of the change in an indication of a measuring system [or a fibre optic sensor] and the corresponding change in a value of a quantity being measured

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99]

Note 1 to entry: Sensitivity of a measuring system can depend on the value of the quantity being measured.

Note 2 to entry: The change considered in a value of a quantity being measured must be large compared with the resolution.

**3.28****signal interface**

arbitrary point at which the effect of the measurand is present in a form directly usable for control or measurement purposes. The optical interface(s) and the signal interface(s) can in some cases coincide

**3.29****single point fibre optic sensor**

fibre optic sensor consisting of one discrete sensing element which generates a signal related to the value of the measurand

**3.30****spatial resolution**

measure of the ability of a distributed fibre optic sensor to distinguish spatial indications of the measurand

Note 1 to entry: Measurand resolution (e.g. temperature or strain), spatial resolution, distance range and acquisition time are inter-related. The signal processing has additional influence.

**3.31****stability**

ability of a measuring instrument [and /or fibre optic sensor] to keep its [metrological] performance characteristics within a specified range during a specified time interval, all other conditions being the same

[SOURCE: IEC 60050:2001, 311-06-12, modified]

**3.32****step response time**

duration between the instant when the measurand (or quantity supplied) is subjected to a specified abrupt change and the instant when the indication (or quantity supplied) reaches, and remains within specified limits of, its final steady-state value

Note 1 to entry: This definition is the one conventionally used for measuring instruments. Other definitions exist.

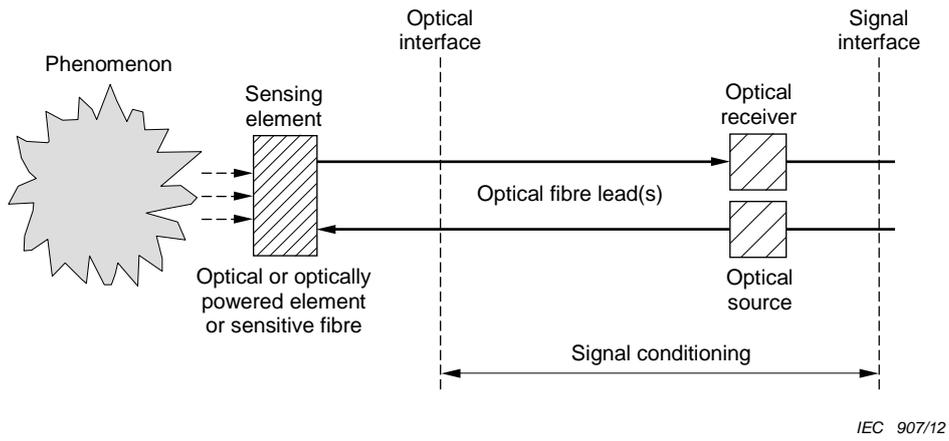
[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-04]

**3.33****variation due to an influence quantity / cross sensitivity**

difference in indication for a given measured quantity value when an influence quantity assumes successively two different quantity values [e.g. while measuring a strain a temperature change may appear as a strain change.

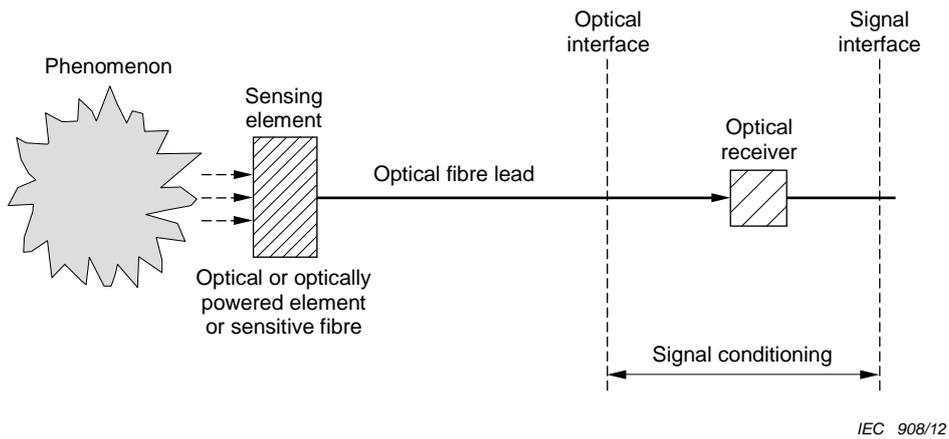
[SOURCE: ISO/IEC Guide 99]

Figure 1 shows fibre optic sensor configuration with a passive sensing element and separate fibre leads for optical input and output.



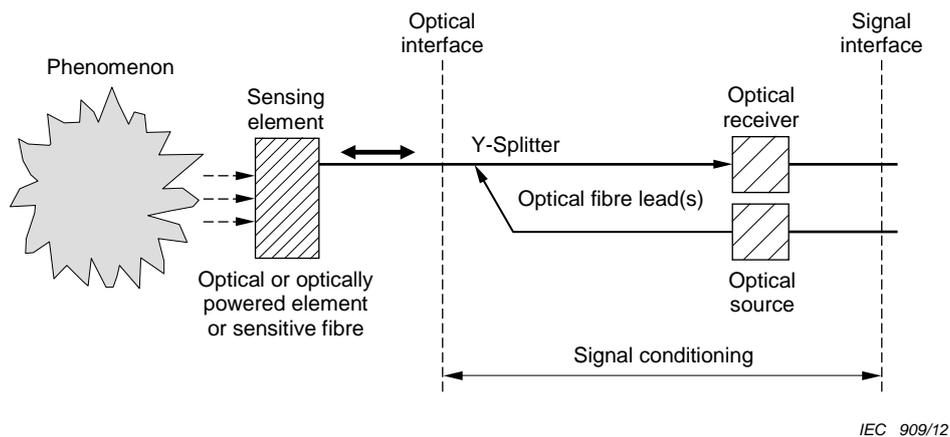
**Figure 1 – Fibre optic sensor configuration with a passive sensing element and separate fibre leads for optical input and output**

Figure 2 shows fibre optic sensor configuration with an active sensing.



**Figure 2 – Fibre optic sensor configuration with an active sensing**

Figure 3 shows fibre optic sensor configuration with a passive sensing element and one fibre lead for optical input and output; signal separation is realized by a Y-splitter.



**Figure 3 – Fibre optic sensor configuration with a passive sensing element and one fibre lead for optical input and output; signal separation is realized by a Y-splitter**

#### 4 Quality assurance

Compliance with this International Standard does not guarantee the manufacturing consistency of each produced fibre optic sensor. This should be maintained using a recognised quality assurance programme.

When the customer wishes to specify acceptance tests or other quality assurance procedures, it is essential that an agreement be reached between the supplier and the customer at the time of ordering.

The present generic specification provides the normative references, definitions, test and measurement procedures, and classification criteria applicable to fibre optic sensors in general. Because of the wide variety of fibre optic sensor classes, the sectional specifications shall prescribe those tests which are applicable to each particular class of fibre optic sensors. The family and/or detail specifications shall describe which of the tests prescribed in the relevant sectional specifications are applicable to a particular style or variant of a fibre optic sensor.

The relevant sectional, family and/or detail specifications shall also specify which of the tests and performance levels are applicable to the different elements of the fibre optic sensor, such as the optical source, the optical receiver, the sensing element and the optical fibre leads.

#### 5 Test and measurement procedures

##### 5.1 General

The purpose of this clause is to introduce general test and measuring methods applicable to fibre optic sensors. These tests and measurements are intended to address the interaction of the various components of the fibre optic sensor as they function to translate the specified measurand to the specified output at the optical or signal interface.

There are three categories of tests and measurements:

- parameter measurements;
- performance measurements;
- compliance tests.

## 5.2 Standard conditions for testing

All discrete components (optical source, optical detector, optical fibre couplers, optical fibres, etc.) shall be tested in accordance with applicable specifications prior to assembly of the sensor. All components shall then be assembled and packaged in accordance with the family and/or detail specifications and instructions for use prior to testing the sensor in accordance with this specification.

Tests shall be carried out under standard atmospheric conditions for testing as specified in IEC 60068-1. The atmospheric conditions need to be controlled within some range to ensure proper correlation of data obtained from measurements and tests conducted in various facilities. Before measurements are made, the sensors shall be preconditioned under standard atmospheric conditions for testing, for a time sufficient to allow each element or the entire sensor to reach thermal stability. The above requirements shall apply, unless otherwise specified in the sectional, family and/or detail specifications.

When “mounting” is specified in a test, the specimen shall be securely mounted to a rigid support of suitable material, of dimensions and contour such that the specimen is rigidly and completely supported as it would be in use. For free or fixed specimens, the appropriate mounting fixtures shall be specified in the relevant sectional, family and/or detail specifications.

Recovery conditions for the interval following a conditioning test shall be in accordance with the relevant IEC publications unless otherwise specified in the sectional, family and/or detail specifications.

## 5.3 Test and measurement equipment requirements

Test and measurement equipment, including required power supplies and the source of the measurand (tunable within the range specified in the family and/or detail specification), shall be calibrated and adjusted in accordance with the manufacturer instructions before use, in order to minimize measurement uncertainty. Critical equipment shall be traceable to the International System of Units (SI).

The stability and measurement uncertainty of the test and measurement equipment shall be substantially better than the specified accuracy of the fibre optic sensor under test.

## 5.4 Visual inspection

The marking of each sensor shall be in accordance with Clause 7 of this generic specification, and shall be inspected for legibility and completeness.

Visual inspection shall verify that all elements required in the family and/or detail specifications are included in the sensor and connected as described in the family and/or detail specifications to ensure proper functioning. Visual inspection shall also verify that no elements evidence any physical damage or imperfection that could impair the functioning or lifetime of the sensor.

## 5.5 Dimensions

Dimensional measurements shall be performed to ensure that the sensor conforms to all critical dimensions and weight as specified in the relevant sectional, family and/or detail specifications.

## 5.6 Metrological properties

### 5.6.1 General

The purpose of the tests concerning metrological properties is to characterize the effect of the measurand and disturbing influence quantities on the sensor output at the optical or signal

interface or the indication of the complete measuring system. This set of tests shall be carried out under reference conditions as described in the relevant sectional, family and/or detail specifications.

In this generic specification relevant parameters which characterize metrological properties will be outlined only. Appropriate sensor specific test procedures and measurand values used shall be specified in the relevant sectional, family and/or detail specifications.

### **5.6.2 Metrological parameters**

At a minimum the following metrological performance specifications and parameters shall be determined in order to characterize the metrological properties of a fibre optic sensor or measuring system (cited in alphabetic order):

- accuracy;
- durability;
- instrumental measurement uncertainty;
- limiting operating condition / limiting values for operation;
- measurement precision;
- measuring interval / measuring range;
- resolution / spatial resolution (if appropriate);
- sensitivity;
- stability / drift;
- step response time (if appropriate);
- variation due to an influence quantity / cross sensitivity.

## **5.7 Optical tests**

### **5.7.1 General**

In sensor configurations which permit optical testing, the following parameters may be included in the sectional, family and/or detail specifications.

### **5.7.2 Optical power**

The optical power shall be measured with a traceable calibrated optical power meter.

### **5.7.3 Nominal wavelength and appropriate spectral characteristics**

The nominal wavelength of a laser shall be measured with a traceable calibrated optical wave meter. The nominal wavelength of a broadband light source or spectral response of a fiber optic sensor shall be measured with a traceable calibrated optical spectrum analyzer.

### **5.7.4 State of polarization**

The state of polarization shall be measured with a traceable calibrated polarimeter.

### **5.7.5 Fibre connector performance**

For the purpose of this International Standard, the general specifications for fibre optic connectors of IEC 61753 (all parts) apply. Connector end faces shall be inspected in accordance with IEC 61300-3-35 and if required cleaned in accordance with IEC/TR 62627-01.

## 5.8 Electrical tests

### 5.8.1 General

The purpose of electrical tests is to verify that the fibre optic sensor has been designed and fabricated in accordance with safe and established design practices with regard to electrical equipment requirements so that the fibre optic sensor can be operated safely and reliably. The list of parameters given in 5.8.2 may be used as a guide for determining which procedures are appropriate for those fibre optic sensors which include electrical components or circuits.

### 5.8.2 Parameters and test procedures

<i>Parameter</i>	<i>Test procedure</i>
Insulation resistance	IEC 60060-1
Dielectric withstand at industrial frequency	IEC 60060-1
Lightning impulse	IEC 60060-1
Voltage stress	See 5.8.3
Fast transients	IEC 61000-4-4
Impulse sparkover voltage	IEC 61000-4-5
Impulse discharge current	IEC 61000-4-5
Electrostatic discharge	IEC 61000-4-2
Electromagnetic field	IEC 61000-4-3

### 5.8.3 Voltage stress

- Influence of the level of voltage supply:  
The equipment is subjected to variations of the voltage supply  $U$  between  $U_{\min}$  and  $U_{\max}$  as specified in the relevant family and/or detail specifications.
- Slow variation of voltage supply:  
The equipment installed according to the instructions given in the relevant family and/or detail specifications is powered by its rated voltage. The level of the voltage is decreased from rated voltage to 0 V, then increased from 0 V to rated voltage, as specified in the relevant family and/or detail specifications.
- Influence of frequency:  
As required by the relevant family and/or detail specifications.
- Influence of a micro-cut of supply voltage:  
As required by the relevant family and/or detail specifications.
- Third harmonic:  
As required by the relevant family and/or detail specifications.

## 5.9 Mechanical tests

### 5.9.1 General

The purpose of mechanical tests is to verify that the fibre optic sensor has been fabricated in accordance with safe and established design practices with regard to mechanical reliability. The list of parameters given in 5.9.2 may be used as a guide for determining which procedures are appropriate for fibre optic sensors. For industrial premises installations parameters for mechanical testing may be used according to environments defined by the Mechanical, Ingress, Climatic and Chemical, and Electromechanical (MICE) classification. For supplemental guidance see IEC/TR 62362 and ISO/IEC TR 29106.

## 5.9.2 Parameters and test procedures

<i>Parameters</i>	<i>Test procedure</i>
Vibration	IEC 60068-2-6 and IEC 61300-2-1
Shock and Bump	IEC 60068-2-27 and IEC 61300-2-9
Bending of fibre leads	IEC 60794-1-1 and IEC 60794-1-2
Twisting of fibre leads	IEC 60794-1-1 and IEC 60794-1-2
Crushing of fibre leads	IEC 60794-1-1 and IEC 60794-1-2
Tensile strength of fibre leads	IEC 60794-1-1 and IEC 60794-1-2
Fibre connector	IEC 60874-1 and IEC 61300 series
Macrobending of optical fibre	IEC 60793-1-1
Tensile strength of optical fibre	IEC 60793-1-1
Fibre and coating geometry	IEC 60793-1-1
Coating strippability	IEC 60793-1-1

## 5.10 Climatic and environmental tests

### 5.10.1 General

Climatic and environmental tests are designed to verify that the influence of the specified climatic and environmental conditions on the metrological features of the system is in accordance with the family and/or detail specifications. During these tests, the value of the measurand shall be in accordance with the family and/or detail specifications in magnitude and stability. The list of parameters given in 5.10.2 may be used as a guide for determining which procedures are appropriate for fibre optic sensors. For industrial premises installations parameters for climatic and environmental testing may be used according to environments defined by the Mechanical, Ingress, Climatic and Chemical, and Electromechanical (MICE) classification. For supplemental guidance see IEC/TR 62362 and ISO/IEC TR 29106.

In common with other components the climatic category of a fibre optic sensor shall be expressed in the form prescribed in IEC 60068-1. The minimum test procedures for establishing the performance of a fibre optic sensor within a given climatic category are as follows:

- a) cold;
- b) dry heat;
- c) damp heat, steady state;

### 5.10.2 Parameters and test procedures

<i>Parameter</i>	<i>Test procedure</i>
Cold	IEC 60068-2-1 (Ab/Ad)
Dry heat	IEC 60068-11-5 (Bb/Bd) and IEC 61300-2-18
Rapid change of temperature	IEC 60068-2-14 (Na/Nb) and IEC 61300-2-22
Damp heat, steady state	IEC 60068-2-78
Damp heat, cyclic test	IEC 60068-2-30
Corrosive atmosphere	IEC 60068-2-11 and IEC 61300-2-46
Sealing	IEC 60529
Dust	IEC 60529
Industrial atmosphere	IEC 60068-2-42 and IEC 60068-2-43
Flammability and fire resistance	IEC 60695-2-2 and IEC/TR 62222
Mould growth	IEC 60068-2-10
Low air pressure	IEC 60068-2-13

Solar radiation	IEC 60068-2-5
Nuclear radiation	IEC/TR 62283 and IEC 60793-1-54
Susceptibility to ambient light	See 5.11
Biological attack	under consideration

NOTE When fibre optic sensors are used in e. g. offshore or sewage system environment, microbiological attacks and bacteriological layers can damage or influence the sensor function.

### 5.11 Susceptibility to ambient light

Measurement of susceptibility to ambient light is intended to establish that ambient light is not coupled to the optical fibres or to the optical receiver in a manner that adversely affects the fibre optic sensor performance. The wavelength, modulation, intensity and direction of a light source used to simulate ambient lighting shall be specified in the relevant sectional, family and/or detail specifications if applicable.

### 5.12 Resistance to solvents and contaminating fluids

A list of fluids to which the different elements of the fibre optic sensor shall be resistant shall be specified in the relevant sectional, family and/or detail specifications. For industrial premises installations parameters for chemical resistance testing may be used according to environments defined by the Mechanical, Ingress, Climatic and Chemical, and Electromechanical (MICE) classification. For supplemental guidance see IEC/TR 62362 and ISO/IEC TR 29106. For connectors the parameters of IEC 61300-2-34 may also be used.

## 6 Classification

### 6.1 General

The purpose of this classification scheme is to allow for the development of sectional, family and/or detail specifications, based on the commonality of quality assurance procedures at the optical or the signal interface level.

For this purpose, fibre optic sensors are classified according to the following four types of criteria:

- measurand;
- transduction principle;
- spatial distribution;
- interface level;

### 6.2 Measurand

The measurand designates the physical or electrical quantity, property, or condition that is to be measured by the fibre optic sensor.

The following is not intended to be an all-inclusive list, but a sampling of measurands for fibre optic sensors. Examples given in Annex A are illustrative and shall not be considered as limitative, nor do they constitute a recommendation or endorsement of a particular transduction principle.

#### 6.2.1 Presence/absence of objects or features

Limit sensor (button, lever, key): A fibre optic limit sensor detects motion occurring beyond a predetermined point.

Level: A fibre optic level sensor detects when a solid or liquid rises or falls beyond a set position.

Proximity: A fibre optic proximity sensor detects the presence or absence of a given object.

Photo-interruption: A fibre optic photo-interruption sensor detects the crossing of a boundary by an object or a body.

### **6.2.2 Position**

Linear position: A fibre optic linear position sensor determines the absolute or relative location of an object along a line within a certain bounded region.

A differential position sensor determines the relative position of two or more objects.

Angular position: A fibre optic angular position sensor determines the absolute or relative position of an object rotating about an axis.

Proximity: A fibre optic proximity sensor determines the relative closeness of an object to a predefined location.

Zone (area): A fibre optic zone sensor may be considered as a multi-dimensional extension of the linear position sensor. A two-dimensional array of sensing points or a converging/diverging set of sensor stimuli would constitute a zone sensor.

Dimensional: fibre optic dimensional sensors can be used to determine the dimensions of an object.

### **6.2.3 Rate of positional change**

Linear speed or velocity: A fibre optic linear speed sensor determines the rate of movement of an object.

Rotational speed or velocity: A fibre optic rotational speed sensor determines the angular velocity of a rotating object.

Gyroscope: A fibre optic gyroscope is an inertial sensor which determines the rate of rotation or integrated degree of rotation with respect to a fixed inertial frame, defined about an input axis.

Linear acceleration: A fibre optic linear acceleration sensor determines the rate of change of the velocity of an object along a given vector.

Rotational acceleration: A fibre optic rotational acceleration sensor determines the rate of increase or decrease in angular velocity of a rotating object.

### **6.2.4 Flow**

Fibre optic sensors can be used to determine the rate of flow or the amount of a moving fluid in a conduit, with several techniques in use.

### **6.2.5 Temperature**

Point temperature sensors and distributed temperature sensors measuring multiple points along a fibre are in use.

### **6.2.6 Force x directional vector**

Seismic: A fibre optic seismic sensor determines vibrational motion of the ground on a planet or other celestial object.

Vibration: A fibre optic vibration sensor determines the magnitude of force experienced by a body undergoing periodic motion in alternately opposite directions.

**Torque:** A fibre optic torque sensor determines the rotational force applied at a specific perpendicular distance to the axis of rotation of an object.

**Weight:** A fibre optic weight sensor determines the force of gravity acting on a body of a given mass.

### **6.2.7 Force per area**

**Acoustic:** A fibre optic acoustic sensor determines the time-varying pressure caused by acoustic waves.

**Pressure:** A fibre optic pressure sensor determines the pressure of a gas or liquid.

### **6.2.8 Strain**

Fibre optic sensors can be used to determine a finite change in the length of a material (strain) resulting from tension or compression, with several techniques in use.

### **6.2.9 Electromagnetic quantities**

**Magnetic field:** A fibre optic magnetic field sensor determines magnetic fields, with several techniques in use.

**Electrical current:** A fibre optic current sensor is a special type of magnetic field sensor in which the integral of the magnetic field along some path around a conductor is measured. Because the integral of the magnetic field around a conductor is equal to the current flowing through the conductor (Ampere's law) the result is a sensor that responds only to the current in the conductor and not to other currents or magnetic fields in the vicinity.

**Electric field:** A fibre optic electric field sensor determines electric fields, with several techniques in use.

**Voltage:** A fibre optic voltage sensor is an electric field sensor in which electrodes are attached to the sensor in such a way that the electric field is applied to the sensing element in a defined geometry.

**Electromagnetic radiation:** Fibre optic sensors can be designed to detect or characterize electromagnetic radiation such as microwaves, light waves, etc.

### **6.2.10 Ionizing and nuclear radiation**

This type of fibre optic sensors can be used to detect  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  and other ionizing radiation.

### **6.2.11 Other physical properties of materials**

**Material refractive index:** A fibre optic refractive index sensor determines refractive indices in mixtures of fluids.

**Density:** A fibre optic density sensor determines the mass density ( $\text{g/cm}^3$ ) of particulate matter.

**Viscosity:** A fibre optic viscosity sensor determines the resistance to flow of a given fluid.

**Damage:** Gross structural damage, structural integrity and incipient damage of military hardware, civil engineering and architecture can be detected with fibre optic sensors.

### **6.2.12 Composition and specific chemical quantities**

Chemical: Fibre optic sensors can be used to measure a single chemical quantity or to examine a material or mixture. Qualitative and quantitative analyses for chemical species contaminants, and reaction process control are the main uses of this type of sensor.

### **6.2.13 Particulates**

Count: A fibre optic particulate sensor determines the size distribution and frequency of airborne or liquid-borne particulate matter.

Atomic: Fibre optic sensors can be used to detect contaminated microscopic and macroscopic particulate matter that has become activated or otherwise radioactive.

Turbidity: A fibre optic turbidity sensor determines the cloudiness or opaqueness of a given fluid.

### **6.2.14 Imaging**

A fibre optic image sensor can be used to transfer an image.

## **6.3 Transduction principle**

The transduction principle describes the way in which the optical characteristics of light are affected by the measurand. It can be described by the transfer function from the measurand to the optical guided wave.

### **6.3.1 Active generation of light**

The measurand directly creates optical energy, whose characteristics can be analyzed to extract an estimation of the measurand. Examples of active generation of light include blackbody radiation, Cerenkov radiation, electric arc.

### **6.3.2 Atom-field interaction**

An optical probe at a specific wavelength or wavelengths is used to examine the desired measurand. The characteristics of the sensed material somehow modify the probe light, which is subsequently detected at one or more wavelengths or frequencies. Examples of atom-field interaction include spectrally resolved absorption, fluorescence, spectroscopy, Doppler and nonlinear effects.

### **6.3.3 Coherence modulation**

Fibre optic sensors can use coherence modulation in conjunction with broadband light interferometric techniques to characterize measurands. Coherence modulation is often used to resolve a measurement spatially. Some white-light interferometers fall under this type of sensors.

### **6.3.4 Intensity modulation**

Fibre optic sensors employing intensity modulation have a transfer function whose output is expressed as an intensity. Examples of intensity modulation include attenuation, coupling effects, interruption, microbending, and reflectivity.

### **6.3.5 Optical spectrum modulation**

Fibre optic sensors can use optical spectrum modulation. Examples of optical spectrum modulation include Brillouin scattering, fluorescence, broadband light interferometry, Doppler effect, wavelength of the reflected light from fibre gratings.

### 6.3.6 Phase modulation

Fibre optic sensors can use phase modulation in conjunction with interferometric techniques to characterize various measurands. Electro- or magneto-strictive coatings, acoustical energy, linear strain, Sagnac shift, Faraday effect and refractive index can all be used in phase-modulated sensors.

### 6.3.7 Polarization modulation

The state-of-polarization of optical energy can be modified by a measurand; rotation and retardance are common phenomena. These mechanisms occur via the elasto-optic effect, optical activity or other transduction principles.

## 6.4 Spatial distribution

The spatial distribution describes the extension and resolution capabilities of the fibre optic sensor. It is distinguished between single point, multiple point, integrating, and distributed sensor types (see Clause 3).

## 6.5 Interface level

The interface level is defined by the level of conditioning at which the output signal is available to the user. At this interface like optical, analogue signal, and communication interface (see Clause 3), both the sensor inputs and outputs shall be specified. Specifying these interfaces is necessary to enable the user to exploit the information provided by the sensor and to ensure interoperability between different products.

## 7 Marking, labelling, packaging

### 7.1 Marking of component

Each fibre optic sensor shall be legibly and durably marked, where space permits, with:

- device identification;
- manufacturer's identity mark;
- manufacturing date code (year/production lot code);
- metre marking for distributed sensor cables;
- laser radiation warning information or warning label if required.

### 7.2 Marking of sealed package

Each sensor package shall be marked with the following:

- IEC type designation;
- any additional marking required by the sectional, family and/or detail specifications.

When required by the sectional, family and/or detail specifications, the package shall also include instructions for assembling the sensor(s) and the description of any special tools or materials, as necessary.

Where 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.

## 8 IEC type designation

The fibre optic sensors to which this standard applies shall be designated by the letters IEC followed by the number of the relevant family or detail specification.

## **9 Safety aspects**

### **9.1 General**

Fibre optic components and systems may emit hazardous radiation. This can occur at:

- sources;
- transmission systems under the following conditions:
  - installation,
  - service or intentional interruption,
  - failure or unintentional interruption;
- measuring and testing;

### **9.2 Personal safety**

For personal hazard evaluation, precautions and manufacturer's requirements, the relevant document is IEC 60825-1.

### **9.3 Safety in explosive environment**

Any sensor cable and device intended for use in explosive environments must be approved by a certified body according to IEC 60079-28 and marked accordingly.

## **10 Ordering information**

The following ordering information shall be included in purchasing contracts for items complying with this standard:

- IEC type designation;
- any additional information or special requirements.

## **11 Drawings included in the sectional, family and detail specifications**

The essential purpose of the drawings is to ensure mechanical interchangeability. They are not intended to restrict details of construction which do not affect interchangeability, nor are they to be used as manufacturing drawings. Equipment designers shall work to the limits stated and not to dimensions of individual specimens.

## **Annex A** (informative)

### **Examples of fibre optic sensors**

#### **A.1 General**

The examples given below illustrate how fibre optic sensors can measure the various measurands listed in 6.1. The classification in this annex closely follows that of 6.2. The examples given are illustrative and shall not be considered as limitative, nor do they constitute a recommendation or endorsement of a particular transduction principle.

#### **A.2 Presence/absence of objects or features**

##### **A.2.1 Limit sensor (button, lever, key)**

A fibre optic limit sensor detects motion occurring beyond a predetermined point. The function of this device is typically to initiate a change of action when the predetermined point has been reached. An example of a fibre optic limit sensor is one which detects the breaking of a light beam, for example by a linear translation mechanism passing a reflective head. The limit sensor can then close (or open) a switch to stop the motion in order to avoid damaging the drive mechanism. This type of sensor is also useful for synchronization or home sensing for rotational or linear motion systems.

##### **A.2.2 Level**

A fibre optic level sensor detects when a solid or liquid rises or falls beyond a set position. For example, an optical fibre experiences a 4 % Fresnel reflection at the polished endface exposed to air, due to an index of refraction mismatch. When a liquid reaches this fibre end, the reflection decreases due to improved refractive index matching. The sensor can activate an alarm indicating that the liquid has risen or fallen, activate a valve to prevent damage or control processing.

##### **A.2.3 Proximity**

Fibre optic proximity sensors typically utilize reflection, infrared emission/ reflection, or pressure principles to perform this detection without the necessity for direct physical contact. A typical fibre optic proximity sensor can be used under a carpet to detect the presence of people for security purposes. This sensor might, for example, employ microbending to respond to pressure or vibrational stimuli.

##### **A.2.4 Photo-interruption**

A photo-interruption sensor is a device emitting light which typically crosses a boundary such as a doorway. This beam of light is either detected at the opposite side of the boundary or reflected back to a detecting element on the emitting side. An object reflecting or interrupting the light will cause the photo-interruption sensor to trigger an alarm or relay. A fibre optic photo-interruption sensor may be used in applications such as safety mechanisms, counting, and access control.

## **A.3 Position**

### **A.3.1 Linear position**

Fibre optic linear position sensors may, for example, consist of an array of optical fibres placed in a parallel fashion. The object(s) to be detected would pass in front of this array and alter the transmission or reflection of light at the appropriate location from the ends of the fibres. The sensor processing electronics would then derive the proper position of the object within the sensing region from the relative optical amplitude of the signal from each of the fibres. The resolution of the detected position is dependent on the spacing of the sensing points.

A differential position sensor determines the relative position of two or more objects. Such a sensor may be used to help maintain the relative position of two moving objects. Fibre optic differential position sensors may consist of physically separated fibres utilizing reflective or transmissive techniques, or may employ interferometric techniques such as Fabry-Pérot technique.

### **A.3.2 Angular position**

A fibre optic angular position sensor can include multiple sensor fibres arranged in a radial fashion. One application would be the detection of the angular position of a gear or flywheel. A change in light intensity, as a reflective mark or transmissive slot passes a given sensing point, can be decoded to provide relative angular position. Again, the resolution is dependent on the spacing of the sensing points.

### **A.3.3 Proximity**

A proximity sensor using fibre optic technology may have external constrictive coatings on an optical fibre which are acoustically sensitive. An impinging acoustical signal would change the optical signal amplitude in the fibre through a change in the amount of constriction on the fibre.

### **A.3.4 Zone (area)**

Fibre optic zone sensors may be arrays of sensors with sophisticated post processing to deal with the two-dimensional aspects. Phase detection techniques may also be utilized for zone type sensing.

### **A.3.5 Dimensional**

The dimensions of an object may be sensed by using non-contacting fibre optic edge-detection techniques. On-line inspection systems, for example, need to determine the size of objects for sorting or quality purposes. The size of an object may be determined by utilizing an optical fibre array and sensing the change in reflectance or transmission of light in a particular region of the array.

## **A.4 Rate of positional change**

### **A.4.1 Linear speed or velocity**

Fibre optic sensors using Doppler phase shift methods are typical velocity sensors. Such sensors may detect the relative speed of an object without physical contact.

### **A.4.2 Rotational speed or velocity**

A fibre optic rotational speed sensor typically provides an indication of the angular velocity of a rotating wheel, gear or shaft. The speed of rotation of an object may be indicated in revolutions per time period, or radians/degrees per time. A photo-interruption sensor, or

chopper, may be utilized to detect the rotational speed or velocity of a given object. Rotational speed sensors are typically found in applications such as tachometers.

#### **A.4.3 Gyroscope**

A fibre optic gyroscope consists of a coil of optical fibre (may be polarization preserving) into which light is simultaneously propagating in clockwise and anticlockwise directions. The Sagnac effect, which is a relativistic phenomenon, induces a differential phase shift between clockwise and anticlockwise guided waves in the rotating media. The phase difference of the detected signals is compared and converted into a rate of rotation or an angle of rotation. There are several versions, such as the interferometric fibre optic gyroscope, resonant fibre optic gyroscope, Brillouin fibre optic gyroscope and guided-wave ring-laser gyroscope.

#### **A.4.4 Linear acceleration**

Fibre optic accelerometers are normally interferometric in nature. Such sensors may detect acceleration in an indirect manner by taking advantage of the intrinsic strain characteristics of an appropriate optical fibre or a proof mass. Land vehicles and aircraft may utilize such sensors for performance measuring or safety systems.

#### **A.4.5 Rotational acceleration:**

A typical fibre optic system would operate with phase differencing techniques. Fibre optic rotational acceleration sensors may be used where weight is a particular concern. Rotational acceleration sensing can be of use in applications such as anti-lock braking on vehicles to prevent skidding. A sudden change in the rate of deceleration can cause the sensor to initiate a correcting control action.

### **A.5 Flow**

A fibre optic flow meter is a device that measures the rate of flow or the amount of a moving fluid in a conduit. The fibre optic flow meter can be identified by its applied theory: for example, velocity, force, vortex shedding, Doppler sensing of particulates. A fibre optic turbine meter would use a fibre to view turbine blade rotation for counting revolutions per minute (RPM). A fibre optic target meter would have a fibre end displaced by a fluid and the microbending of the fibre could be correlated to the fluid flow.

### **A.6 Temperature**

Point techniques are based on fibre Bragg gratings mainly, but also include blackbody-absorbing, phosphorescent-coated, Fabry-Pérot cavity terminated or thermochromic-terminated optical fibres. These fibre optic sensors can trigger a switch at a set point or produce a continuous proportional output. One example of a fibre optic temperature sensor is the blackbody pyrometer. It consists of a blackbody emitting source which responds to incident temperature by emitting into the fibre an optical wavelength(s) of an intensity which is proportional to temperature.

Distributed techniques are mainly based on Raman and Rayleigh scattering. Laser light is continuously scattered in ordinary optical fibre, and the backscattered light is used for calculating temperature profiles along such fibres. Techniques based on spontaneous or stimulated Brillouin and Rayleigh scattering provide another possibility for measuring temperature. However, Brillouin scattering exhibits a cross-sensitivity to strain which must be considered when measuring temperature. For short range applications, Rayleigh scatter interrogated via Optical Frequency Domain Reflectometry (OFDR) provides the highest spatial resolution of the three methods, while Brillouin and Raman are best suited for long range applications.

## **A.7 Force x directional vector**

### **A.7.1 Seismic**

Fibre optic seismic sensing may be done by detecting stress in a given fibre.

### **A.7.2 Vibration**

The electrical isolation, noise immunity and small mass of fibre optic sensors make them well suited to detecting the degree of vibration present in a device or object. Fibre optic vibration sensors may utilize Doppler, optical spectrum-based detection schemes (e.g. fibre Bragg grating), intensity-based or phase-based detection schemes. Piezo-electric optical fibre coatings may be utilized in an intensity-based sensing scheme; another technique would involve a reflective proof mass forming part of a Fabry-Pérot cavity.

### **A.7.3 Torque**

A fibre optic torque sensor may utilize stress as the detecting scheme.

### **A.7.4 Weight**

A change in attenuation due to microbend losses or change in absorption can be used to detect forces. Modal or spectral variations can also be used.

## **A.8 Force per area**

### **A.8.1 Acoustic**

Fibre optic acoustic sensors have been developed in recent years for use as hydrophones for underwater sound detection. These devices are based on fibre optic interferometers. Sound waves striking a coil of fibre in one of two parallel fibres of the interferometer will modulate the length of the sensing fibre slightly. This causes a modulated phase-shift of light in the sensing fibre relative to the reference fibre. The phase modulation can be detected by various heterodyne or homodyne techniques, allowing the sound waveform to be reconstructed.

### **A.8.2 Pressure**

A typical fibre optic pressure sensor for measuring the pressure of a gas or liquid in a container might consist of a reflective diaphragm, one side of which is in contact with the fluid to be measured. An optical fibre (or a bundle of fibres) carries light to and from the diaphragm, which deflects or physically deforms when the pressure of the fluid changes. This deflection in turn changes reflection back into the return fibre lead to the optical receiver.

A physical pressure sensor might consist of a single optical fibre which is held between a pair of saw-toothed mechanical “jaws” at one or more positions along its length. A physical pressure applied to the jaws can mechanically bend the fibre enough to allow some microbending loss to occur, reducing the fibre transmission. This event is sensed by a decrease in the intensity of light at the receiver end of the optical fibre. Another method is to employ a polarimetric sensor via the elasto-optic effect. Such sensors might be used under a doormat as an intruder alarm. Another application might be a physical contact or grip pressure indicator for robot fingers.

## **A.9 Strain**

A fibre optic strain sensor measures a finite change in the length of a material or a structure component resulting from tension or compression. Fibre optic strain sensors are based on different transduction principles depending on the measurement information that the sensor

has to gather, e. g. local strain changes or distributed strain changes, or the expected time dependence on the measurement signal: static strain, dynamic strain, strain oscillations, acoustic strain waves detection.

Common transduction principles are:

- measurement of intensity variations of the transmitted light e. g. microbend sensor,
- measurement of phase changes and wavelength changes (e. g. Fabry-Pérot sensors, Rayleigh scatter sensors, or fibre Bragg grating sensors,
- time-of-flight measurement, e. g. OFDR-based continuously distributed sensors or OTDR-based multiple point sensors,
- measurement of absorption changes, e. g. partially strain or chemically sensitive sensor areas,
- use of polarimetric effects in fibres, e. g. pressure or bend sensors,
- measurement of non-linear optical signal changes, e. g. Brillouin or Raman scattering based sensors.

An often used fibre strain sensor is based on fibre Bragg grating (FBG) created inside a length of single mode fibre embedded into or attached to the object being monitored. The characteristic wavelength of FBG, usually measured in reflective mode, changes proportionally to fibre strain. Exact proportionality factor between strain and wavelength is influenced by an elasto-optic coefficient of fibre being used. FBG sensors are simultaneously sensitive to temperature changes that have to be considered. FBG sensors are attached to surfaces of structure components or embedded into homogeneous or layered materials, e. g. to determine the extent of structural fatigue. Fibre Bragg grating sensors are used for frequencies up to hundreds of kHz..

High-precision strain measurements are carried out by using interferometric sensors. Fabry-Pérot (FPI) or Michelson interferometric sensors are preferably used. Interferometric sensors are also used for frequencies up to the hundreds of kHz range, e. g. for measurement of acoustic wave signals.

NOTE In order to measure deformations in highly-elastic or curing materials (e. g. epoxy resin, mortar, and concrete), the stiffness of the fibre optic sensor must not initiate stress in the measuring zone. In such cases, a special design of a flexible extrinsic FPI sensor can be used.

Intensity-based sensors are preferably based for short-term static or dynamic strain measurement because of a possible loss of the reference to the initial measurement value (importance of zero-point reference for long-term measurements).

Scanning techniques based on spontaneous or stimulated Brillouin scattering are sensitive to temperature and strain. A laser pulse is launched into the fibre and the frequency shift of the backscattered light caused by spontaneous or stimulated Brillouin scattering (Brillouin frequency shift) is recorded as a function of strain or temperature. Because of their stronger strain sensitivity, these techniques are preferably used for strain measurement along very long optical fibres (distributed strain sensors). However, their cross-sensitivity to temperature can be exploited for combined distributed strain and temperature measurements but must always be considered when only strain is to be measured.

The OFDR interrogation technique, based on swept wavelength interferometry, is sensitive to temperature and strain. A swept laser source and OFDR optical network can be used to measure spectral shifts in the Rayleigh backscatter as a function of length in standard Telecommunications grade fibre. Similar to FBGs, the spectral response of the fibre shifts proportionally with applied strain or temperature. Standard telecom fibre is attached to surfaces or embedded in homogeneous or layered materials. OFDR interrogation of Rayleigh scatter provides millimeter-range spatial resolution over tens to hundreds of meters of standard fibre.

## **A.10 Electromagnetic quantities**

### **A.10.1 Magnetic field**

Fibre optic sensors can be designed to measure magnetic fields using any of several effects. A direct mechanism is the Faraday effect, which is a magnetic field-induced circular birefringence, often described as a rotation of the plane of polarization of linearly polarized light. The Faraday effect can be exploited either in single-mode fibres or bulk materials. It is usually employed in a polarimetric configuration, though interferometric configurations can also be used.

An indirect, intrinsic approach to magnetic field sensors is the use of the magnetostrictive effect in a material attached to a single-mode fibre. Through the elasto-optic effect, the magnetically induced stress changes the propagation characteristics of the fibre which can be detected, usually interferometrically.

### **A.10.2 Electrical current**

Fibre optic current sensors are usually based on the Faraday effect, either in single-mode fibre or bulk optics. An alternate technique uses the magnetostrictive effect; these sensors are interferometric (phase) or polarimetric in nature. Such sensors have advantages due to low mass, electrical isolation and lack of direct interconnection to the primary electrical conductor. A standard use for a fibre optic current sensor is to provide a safe means to monitor current levels in high-voltage power lines.

### **A.10.3 Electric field**

There are no linear electro-optic effects in glass, only the quadratic (Kerr) effect, which is small, and, in principle, higher order effects. Fibre optic electric field sensors thus generally rely either on extrinsic or indirect intrinsic approaches. Extrinsic sensors are typically based on the Pockels effect in a crystalline material. The Pockels effect is an electric field-induced linear birefringence, which can be detected using either polarimetric or interferometric techniques. Sensors using the Pockels effect in both bulk and integrated optic configurations have been demonstrated.

An indirect, intrinsic electric field sensor can be designed using a piezo-electric effect to induce an electric field-dependent stress in an optical fibre. That stress causes a change in the propagation constant of the fibre which can be detected, usually interferometrically.

### **A.10.4 Voltage**

In a sensor based upon the Pockels effect, the electrodes might be applied to the sides of the electro-optic crystal.

### **A.10.5 Electromagnetic radiation:**

A microwave radiation sensor can be designed by using a stress in an optical fibre induced by a temperature rise in a fibre coating sensitive to microwave radiation. Also fibre optic resonators or interferometers can be used to analyze the spectrum of light.

## **A.11 Ionizing and nuclear radiation**

High-energy electromagnetic radiation can produce both loss and fluorescence in glass and other materials. The induced loss is usually associated with a particular type of defect known as a colour centre, which absorbs radiation in specific regions of the visible and near-infrared spectrum. To some degree, the loss is transient. In other cases, it is permanent, thus providing the possibility of total dose sensors.

One source of fluorescence is spontaneous emission from atomic and molecular energy levels excited by the incident radiation. Another source of light is Cerenkov radiation, which occurs when high energy photons scatter electrons within an optical material. If the velocity of these (Compton) electrons exceeds the phase velocity of light in the material, broadband radiation results. Scintillation fibre is an important class of Hadronic detectors for high-energy particle physics. Fluorescence sensors provide a means of measuring the dose rate (power) rather than dose (energy).

## **A.12 Other physical properties of materials**

### **A.12.1 Material refractive index**

A fibre optic refractive index sensor may consist of a miniature Fabry-Pérot type interferometer inserted between two pieces of fibre, with fluid flowing through the optical cavity.

### **A.12.2 Density**

The mass density of particulate matter may be determined by the amount of light transmitted or reflected in the measurement area. Fibre optic sensing of density may be performed using simple intensity-based techniques.

### **A.12.3 Viscosity**

Viscosity is an indication of the resistance to flow of a given fluid. Shearing stress in the direction of fluid flow might be determined by taking advantage of the stress-dependent properties of optical fibre or more simply by detecting a change in the index of refraction or scattering in a fluid.

### **A.12.4 Damage**

Excess loss can be induced in a damage-sensing fibre which is severed at some point along its length if a supporting member fails; optical time domain reflectometry may be used to locate the fault in the structure.

## **A.13 Composition and specific chemical quantities**

### **A.13.1 Chemical**

Chemical presence/detection, concentration, identification, the cure monitoring of adhesives are some of the many applications for chemical sensors. A simple example of a chemical sensor might be a length of optical fibre having a coating over one end which contains a fluorescent material. The fluorescence could be excited by light transmitted down the fibre or by light from an external source. Some of the emitted fluorescence will be trapped in the fibre and guided back to a detector at the other end of the fibre. If the fluorescence of the material is stopped or quenched by, say, a change in the acidity of the surrounding solution (as measured by the concentration of H<sup>+</sup> ions, expressed as the pH), then this device will function as a pH indicator or sensor.

Other fibre optic chemical sensors may use optical fibres merely as a convenient “light pipe” to carry light from a sample to an optical spectrometer for analysis. More advanced types use surface plasmon-polariton phenomena to evaluate composition at a metal dielectric interface, which is excited by a coupled guided wave. Combustion analysis, toxic gas sensing, relative humidity, environmental, agricultural and biosensors are additional fields of interest for fibre optic chemical sensors.

## **A.14 Particulates**

### **A.14.1 Count**

This can be done by simple interruption, scattering and other techniques.

### **A.14.2 Atomic**

A combination of the fibre optic sensors mentioned in A.13.1 and A.10.5 may be used.

### **A.14.3 Turbidity**

Turbidity may be detected by reflectance sensing techniques. The intensity of light reflected in an optical fibre based sensor system is changed as the level of turbidity in a fluid increases.

## **A.15 Spatial distribution**

### **A.15.1 Single point**

A liquid level sensor which couples light from one fibre to another when the sensor is in contact with air; an electric field sensor which uses polarization state change in a Pockels cell, etc.

### **A.15.2 Multiple point**

A temperature sensor based on temperature-dependent absorption of neodymium-doped short fibre sections spliced at different places along a transmitting fibre, interrogated by optical time domain reflectometry, etc.

Temperature or strain sensors based on fibre Bragg gratings at different wavelengths placed along the fibre, and interrogated by spectral read-out.

### **A.15.3 Integrating**

A Mach-Zehnder acoustic pressure sensor that integrates a pressure-caused phase shift along a several metres long fibre line; a damage-sensing fibre which is severed at some point along its length causing transmission to drop, if a supporting structural member fails, etc.

### **A.15.4 Distributed**

A pressure sensor measuring microbend-induced losses continuously along a length of fibre, combined with an optical time domain reflectometer read-out; a temperature sensor using the ratio of Stokes to anti-Stokes Raman scattered light continuously along a fibre, combined with an optical time domain reflectometer read-out, a strain and/or temperature sensor based on Brillouin scattering, etc. With an appropriate read-out system, signal analysis can also be performed in the frequency domain instead of the time domain.

## Bibliography

IEC 60654-4, *Operating conditions for industrial-process measurement and control equipment – Part 4: Corrosive and erosive influences*

IEC 60721-1, *Classification of environmental conditions – Part 1: Environmental parameters and their severities*

ISO/IEC TR 29106, *Information technology – Generic cabling – Introduction to the MICE environmental classification*

---



## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	38
1 Domaine d'application .....	40
2 Références normatives.....	40
3 Termes et définitions .....	43
4 Assurance de la qualité .....	49
5 Procédures d'essai et de mesure.....	49
5.1 Généralités.....	49
5.2 Conditions normales d'essai.....	50
5.3 Exigences concernant le matériel d'essai et de mesure .....	50
5.4 Contrôle visuel .....	50
5.5 Dimensions .....	51
5.6 Propriétés métrologiques.....	51
5.6.1 Généralités.....	51
5.6.2 Paramètres métrologiques.....	51
5.7 Essais optiques .....	51
5.7.1 Généralités.....	51
5.7.2 Puissance optique .....	51
5.7.3 Longueur d'onde nominale et caractéristiques spectrales appropriées.....	51
5.7.4 État de polarisation.....	52
5.7.5 Performance des connecteurs de fibres.....	52
5.8 Essais électriques .....	52
5.8.1 Généralités.....	52
5.8.2 Paramètres et procédures d'essai.....	52
5.8.3 Contrainte de tension .....	52
5.9 Essais mécaniques.....	53
5.9.1 Généralités.....	53
5.9.2 Paramètres et procédures d'essai.....	53
5.10 Essais climatiques et d'environnement .....	53
5.10.1 Généralités.....	53
5.10.2 Paramètres et procédures d'essai.....	54
5.11 Réaction à la lumière ambiante .....	54
5.12 Résistance aux solvants et aux fluides contaminants .....	54
6 Classification.....	54
6.1 Généralités.....	54
6.2 Grandeur à mesurer .....	55
6.2.1 Présence/absence d'objets ou de caractéristiques.....	55
6.2.2 Position .....	55
6.2.3 Vitesse de changement de position .....	55
6.2.4 Écoulement .....	56
6.2.5 Température.....	56
6.2.6 Force par vecteur directionnel .....	56
6.2.7 Force par surface .....	56
6.2.8 Déformation.....	56
6.2.9 Grandeurs électromagnétiques .....	56

6.2.10	Rayonnement nucléaire et ionisant .....	57
6.2.11	Autres propriétés physiques des matériaux .....	57
6.2.12	Composition et grandeurs chimiques spécifiques.....	57
6.2.13	Particules .....	57
6.2.14	Formation d'image .....	57
6.3	Principe de transduction .....	57
6.3.1	Génération active de rayonnement lumineux .....	58
6.3.2	Interaction entre le champ et l'atome .....	58
6.3.3	Modulation de cohérence.....	58
6.3.4	Modulation d'intensité.....	58
6.3.5	Modulation du spectre optique .....	58
6.3.6	Modulation de phase .....	58
6.3.7	Modulation de polarisation.....	58
6.4	Répartition spatiale .....	58
6.5	Niveau d'interface .....	59
7	Marquage, étiquetage, emballage.....	59
7.1	Marquage des composants.....	59
7.2	Marquage d'un boîtier hermétique .....	59
8	Code de désignation CEI .....	59
9	Sécurité.....	59
9.1	Généralités.....	59
9.2	Sécurité du personnel .....	60
9.3	Sécurité dans un environnement explosif .....	60
10	Informations relatives aux commandes .....	60
11	Dessins inclus dans les spécifications de famille, intermédiaires et particulières .....	60
	Annexe A (informative) Exemples de capteurs à fibres optiques .....	61
	Bibliographie.....	70
	Figure 1 – Configuration d'un capteur à fibres optiques avec un détecteur passif et des lignes à fibres optiques distinctes pour les entrées et les sorties optiques .....	48
	Figure 2 – Configuration d'un capteur à fibres optiques avec détection active .....	48
	Figure 3 – Configuration d'un capteur à fibres optiques avec un détecteur passif et une ligne à fibres optiques pour les entrées et les sorties optiques; la séparation des signaux est réalisée par un séparateur en Y .....	49

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

## CAPTEURS À FIBRES OPTIQUES –

### Partie 1: Spécification générique

#### AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61757-1 a été établie par le sous-comité 86C: Systèmes et dispositifs actifs à fibres optiques, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

La présente deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1998, et constitue une révision technique.

La présente édition contient une mise à jour technique significative de tous les articles, toutes les définitions et toutes les références citées par rapport à l'édition précédente.

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

FDIS	Rapport de vote
86C/1059/FDIS	86C/1066/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61757, publiées sous le titre général *Capteurs à fibres optiques*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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

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

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

# CAPTEURS À FIBRES OPTIQUES –

## Partie 1: Spécification générique

### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61757 est une spécification générique qui traite des fibres optiques, des composants et des sous-ensembles intervenant de manière spécifique dans des applications de capteurs à fibres optiques. Elle a été conçue pour être utilisée comme un outil de travail et un support de discussion par les vendeurs de composants et de sous-ensembles destinés à être intégrés à des capteurs à fibres optiques, ainsi que par les concepteurs, les fabricants et les utilisateurs de capteurs à fibre optiques indépendants de toute application ou installation.

La présente spécification générique a pour objectif de définir, de classer et de fournir un cadre de travail pour la spécification des capteurs à fibres optiques, de leurs composants et de leurs sous-ensembles. Les exigences de la présente Norme s'appliquent à toutes les spécifications particulières, les spécifications de famille et les spécifications intermédiaires associées. Les spécifications intermédiaires contiendront des exigences spécifiques aux capteurs pour des grandeurs particulières à mesurer. Chaque spécification intermédiaire, chaque spécification de famille et chaque spécification particulière contient des exigences pour un modèle ou une variante particulier d'un capteur à fibres optiques de cette spécification intermédiaire.

Un capteur à fibres optiques est composé d'un détecteur optique ou alimenté par de l'énergie optique dans lequel l'information est créée par réaction du rayonnement lumineux à la grandeur à mesurer. Le détecteur peut être soit la fibre elle-même, soit un élément alimenté par de l'énergie optique inséré dans le chemin optique. Dans un capteur à fibres optiques, un ou plusieurs paramètres du rayonnement lumineux sont modifiés directement ou indirectement par la grandeur à mesurer quelque part dans le chemin optique, contrairement à une liaison optique où l'information est simplement transmise de l'émetteur au récepteur.

Des essais génériques ou des méthodes de mesure sont définis pour des attributs spécifiés. Dans la mesure du possible, ces définitions font référence à une Norme CEI – sinon, l'essai ou la méthode de mesure est décrite dans la spécification particulière, de famille et/ou intermédiaire applicable.

L'annexe A fournit des exemples de capteurs à fibres optiques afin de mieux illustrer le schéma de classification. Les exemples sont donnés uniquement à titre illustratif; ils ne sont pas restrictifs, et ne constituent pas une recommandation ou une approbation d'un principe particulier de transduction.

### 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).

CEI 60050, *Vocabulaire Electrotechnique International*

CEI 60060-1, *Technique des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

CEI 60068-1, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et guide*

CEI 60068-2-1, *Essais d'environnement – Partie 2-1: Essais – Essai A: Froid*

CEI 60068-2-2, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

CEI 60068-2-5, *Essais d'environnement – Partie 2-5: Essais – Essai Sa: Rayonnement solaire simulé au niveau du sol et guide pour les essais de rayonnement solaire*

CEI 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 60068-2-10, *Essais d'environnement – Partie 2-10: Essais – Essai J et guide: Moisissures*

CEI 60068-2-11, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-11: Essais – Essai Ka: Brouillard salin*

CEI 60068-2-13, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-13: Essais – Essai M: Basse pression atmosphérique*

CEI 60068-2-14, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

CEI 60068-2-27, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

CEI 60068-2-30, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

CEI 60068-2-42, *Essais d'environnement – Partie 2-42: Essais – Essai Kc: Essai à l'anhydride sulfureux pour contacts et connexions*

CEI 60068-2-43, *Essais d'environnement – Partie 2-43: Essais – Essai Kd: Essai à l'hydrogène sulfuré pour contacts et connexions*

CEI 60068-2-78, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

CEI 60079-28, *Atmosphères explosives – Partie 28: Protection du matériel et des systèmes de transmission utilisant le rayonnement optique*

CEI 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 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*

CEI 60793-1-1, *Optical fibres – Part 1-1: Measurement methods and test procedures – General and guidance (disponible uniquement en anglais)*

CEI 60793-1-54, *Fibres optiques – Partie 1-54: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Irradiation gamma*

CEI 60793-2, *Fibres optiques – Partie 2: Spécifications de produits – Généralités*

CEI 60794-1-1, *Optical fibre cables – Part 1: Generic specification – General (disponible uniquement en anglais)*

CEI 60794-1-2, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-2: Spécification générique – Procédures de base applicables aux essais des câbles optiques*

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

CEI 60874-1, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Connecteurs pour fibres et câbles optiques – Partie 1: Spécification générique*

CEI 61000-4-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux décharges électrostatiques*

CEI 61000-4-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

CEI 61000-4-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

CEI 61000-4-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

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

CEI 61300-2-18, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2-18: Essais – Chaleur sèche – Résistance à haute température*

CEI 61300-2-22, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2-22: Essais – Variations de température*

CEI 61300-2-34, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2-34: Essais – Résistance des composants d'interconnexion et des boîtiers aux solvants et aux fluides contaminants*

CEI 61300-2-46, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2-46: Essais – Chaleur humide, essai cyclique*

IEC 61300-3-35, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 3-35: Examens et mesures – Inspection automatique et visuelle de l'extrémité des connecteurs à fibres optiques*

CEI 61753 (toutes les parties), *Norme de qualité de fonctionnement des dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques*

CEI/TR 61931, *Fibres optiques – Terminologie*

CEI/TR 62222, *Tenue au feu des câbles de communications installés dans les bâtiments*

IEC/TR 62283, *Optical fibres – Guidance for nuclear radiation tests* (disponible uniquement en anglais)

IEC/TR 62362, *Selection of optical fibre cable specifications relative to mechanical, ingress, climatic or electromagnetic characteristics – Guidance* (disponible uniquement en anglais)

IEC/TR 62627-01, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Part 01: Fibre optic connector cleaning methods* (disponible uniquement en anglais)

ISO/CEI Guide 98-3, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*

ISO/CEI Guide 99, *Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente norme internationale, les définitions des normes CEI 60050 (VEI), CEI/TR 61931, ISO/CEI Guide 99 (VIM), et les définitions suivantes, s'appliquent:

#### 3.1 exactitude

qualité qui caractérise l'aptitude d'un appareil de mesure [d'un capteur à fibres optiques] à délivrer une valeur indiquée proche de la valeur vraie de la grandeur à mesurer

Note 1 à l'article: Ce terme est utilisé dans l'approche "valeurs vraies". Il s'agit de la valeur qui serait obtenue par une mesure parfaite.

Note 2 à l'article: Plus la valeur indiquée est proche de la valeur vraie correspondante, meilleure est l'exactitude.

[SOURCE: CEI 60050-311:2001, 311-06-08, modifié]

#### 3.2 interface de signal analogique

interface de signal qui délivre des signaux de sortie analogiques sous une forme directement utilisable à des fins de contrôle ou de mesure, généralement dans le domaine électrique

Note 1 à l'article: Il convient que les configurations de sortie soient de préférence conformes aux normes d'interface existantes, telles que celles qui existent pour les signaux électriques analogiques. Les configurations de sortie peuvent être, par exemple, 4-20 mA, 0-20 mA, 0-5V, etc. Un capteur à fibres optiques comportant un photo-détecteur ou d'autres types de détecteurs quadratiques, ou encore un circuit électronique de traitement de signal intégré constituent des exemples d'applications représentatifs.

#### 3.3 courbe de caractéristiques / courbe d'étalonnage

expression de la relation entre une indication et la valeur de la grandeur mesurée correspondante

[SOURCE: ISO/CEI Guide 99]

Note 1 à l'article: Une courbe de caractéristiques / courbe d'étalonnage exprime une relation de type 1-1 qui ne donne pas un résultat de mesure complet puisqu'il ne comporte pas d'informations sur l'incertitude de la mesure.

#### 3.4 interface de communication

interface numérique d'un capteur à fibres optiques qui produit des signaux de sortie numériques sous une forme directement utilisable à des fins de contrôle ou de mesure, ou qui permet une communication numérique avec d'autres dispositifs numériques (par exemple, un ordinateur).

Note 1 à l'article: Elle est généralement conçue conforme à une norme spécifique (par exemple USB ou RS-232) et elle est utilisée pour transmettre des données de commande et de mesure.

#### 3.5 capteur à fibres optiques réparti

capteur à fibres optiques qui donne une mesure en 3 dimensions, d'une grandeur à mesurer sur une région étendue, au moyen d'un détecteur continu

**3.6****dérive**

variations des caractéristiques métrologiques d'un appareil de mesure [et/ou d'un capteur à fibres optiques], généralement lentes, continues, pas nécessairement dans le même sens et non liées à des variations de la grandeur à mesurer

**3.7****durabilité**

aptitude d'un capteur à fibres optiques à accomplir une fonction requise dans des conditions données d'emploi et de maintenance jusqu'à ce qu'un état limite soit atteint

Note 1 à l'article: L'état limite d'une entité peut être caractérisé par la fin de la vie utile, par l'inadaptation pour des raisons économiques ou techniques ou par d'autres facteurs.

**3.8****capteur extrinsèque à fibres optiques**

capteur à fibres optiques dans lequel les caractéristiques du rayonnement lumineux sont modifiées par la grandeur à mesurer à l'extérieur de la ou des fibres optiques

**3.9****capteur à fibres optiques**

partie d'un appareil de mesure ou d'une chaîne de mesures, directement affectée par la grandeur à mesurer et qui génère une variation des caractéristiques optiques d'une fibre optique liée à la valeur de la grandeur à mesurer

Note 1 à l'article: La fibre optique agit comme le détecteur ou elle inclut un détecteur optique ou alimenté par l'énergie optique, et elle peut comporter un ou plusieurs des éléments suivants (voir figures 1, 2 et 3):

- ligne à fibres optiques;
- conditionneur de signal.

**3.10****longueur de jauge / base de mesure**

longueur de la partie parallèle de l'objet mesuré sur laquelle le capteur à fibres optiques collecte des informations

[[SOURCE: Lignes directrices COST relatives à l'utilisation de capteurs à fibres optiques]]

Note 1 à l'article: Par exemple, si le capteur est ancré uniquement en deux points fixes espacés de  $L$  cm, la longueur de jauge est  $L$ . D'autre part, si un capteur de longueur  $l$  est fixé de manière continue dans ou sur un objet mesuré de longueur  $L$ , alors la longueur de jauge réelle dépend de la méthode de fixation à l'objet mesuré et est fonction des propriétés mécaniques du capteur et de son environnement. Elle est généralement supérieure à  $l$ , mais inférieure à  $L$ .

Note 2 à l'article: Si un utilisateur veut obtenir une longueur de jauge prédéterminée, il doit sélectionner avec soin la procédure pour ancrer/attacher/incorporer le capteur. Dans le cas de capteurs à fixation continue, la longueur de fixation doit dépasser la longueur de jauge définie de quelques dizaines de diamètres de fibre pour éviter les perturbations dues au cisaillement au niveau des bords. Dans le cas spécifique d'une rupture ou de fissures dans la longueur de jauge de l'échantillon, la longueur de jauge finale doit être calculée à partir de la longueur de jauge au niveau de la rupture en soustrayant de celle-ci la partie élastique de l'allongement.

**3.11****grandeur d'influence**

grandeur qui, dans une mesure directe, n'affecte pas la grandeur réellement mesurée, mais qui affecte la relation existante entre l'indication et le résultat de la mesure

[SOURCE: ISO/CEI Guide 99]

**3.12****capteur à fibres optiques intégrateur**

capteur à fibres optiques qui donne le résultat de la mesure d'une grandeur à mesurer sur une région étendue, au moyen d'un détecteur continu de longueur définie. La grandeur à mesurer n'est pas résolue spatialement; elle est intégrée ou sommée sur la longueur du détecteur.

### 3.13

#### **capteur intrinsèque à fibres optiques**

capteur à fibres optiques dont l'élément détecteur est constitué par une ou plusieurs fibres optiques dont une au moins des caractéristiques telles que l'intensité, la phase, la polarisation, le spectre, la longueur d'ondes ou le temps de transit du rayonnement lumineux est fonction de la grandeur à mesurer

Note 1 à l'article: Il existe de nombreux capteurs à fibres optiques pour lesquels le principe de détection est uniquement basé sur un changement des caractéristiques du revêtement (par exemple, des capteurs chimiques ou d'humidité relative) ou sur une interaction entre le cœur et la gaine (par exemple, un capteur de courbure). Ils peuvent être définis comme des capteurs à fibres optiques indirects. Les capteurs à fibres optiques intrinsèques directs sont définis par un changement direct des caractéristiques des cœurs de fibres (par exemple des capteurs basés sur une diffusion de Brillouin, de Raman ou de Rayleigh).

### 3.14

#### **incertitude de mesure des appareils**

composante de l'incertitude de mesure provenant de l'appareil de mesure ou du système de mesure utilisé

Note 1 à l'article: L'incertitude de mesure des appareils est obtenue par un étalonnage de l'appareil de mesure ou du système de mesure, à l'exception d'un étalon de mesure primaire pour lequel d'autres moyens sont utilisés.

Note 2 à l'article: L'incertitude des appareils est utilisée dans une évaluation d'incertitude de mesure de type B selon l'ISO/CEI Guide 98-3, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*.

### 3.15

#### **conditions de fonctionnement restrictives / valeurs restrictives pour le fonctionnement**

conditions de fonctionnement extrêmes qu'un appareil de mesure, un système de mesure ou un détecteur [ou un capteur à fibres optiques] doit supporter sans dommage ni dégradation des propriétés métrologiques spécifiées, lorsqu'il est utilisé dans ses conditions de fonctionnement assignées

[SOURCE: ISO/CEI Guide 99]

Note 1 à l'article: Les conditions restrictives pour le stockage, le transport ou le fonctionnement peuvent être différentes.

Note 2 à l'article: Les conditions restrictives peuvent inclure des valeurs restrictives d'une grandeur mesurée et de n'importe quelle grandeur d'influence.

Note 3 à l'article: Les valeurs restrictives peuvent être fonction de la durée de leur application.

### 3.16

#### **précision des mesures**

finesse de la cohérence entre les indications et les valeurs des grandeurs mesurées obtenues par des mesures reproduites sur le même objet ou sur des objets similaires dans des conditions spécifiées

[SOURCE: ISO/CEI Guide 99]

Note 1 à l'article: La précision des mesures est généralement exprimée de manière numérique par des mesures d'imprécision, telles que l'écart type, la variance ou un coefficient de variation sans les conditions de mesure spécifiées.

Note 2 à l'article: Les 'conditions spécifiées' peuvent être, par exemple, des conditions de répétabilité des mesures, des conditions de précision intermédiaire des mesures, ou des conditions de reproductibilité des mesures.

Note 3 à l'article: La précision des mesures est utilisée pour définir la répétabilité des mesures, la précision intermédiaire des mesures et la reproductibilité des mesures.

Note 4 à l'article: Parfois, l'expression "précision des mesures" est utilisée à tort à la place d'exactitude des mesures.

### 3.17

#### **intervalle de mesure / plage de mesure**

ensemble de valeurs de grandeurs du même genre qui peuvent être mesurées par un appareil de mesure ou un système de mesure donné [ou un capteur à fibres optiques] avec une incertitude sur l'appareil spécifiée, dans des conditions définies

[SOURCE: ISO/CEI Guide 99]

### 3.18

#### **capteur à fibres optiques à points multiples**

capteur à fibres optiques constitué d'un certain nombre de capteurs ponctuels qui permet une mesure, résolue dans l'espace, d'une grandeur à mesurer sur une région étendue à des positions discrètes

### 3.19

#### **détecteur optique ou alimenté par de l'énergie optique**

dispositif qui reçoit des informations sous la forme d'une grandeur physique et qui les convertit sous la forme d'une grandeur optique, selon une loi définie

### 3.20

#### **fibre optique**

guide d'ondes en forme de filament, composé de substances diélectriques destiné à guider des ondes optiques

[SOURCE: CEI 60050-151:2001,151-12-35]

Dans le cadre de la présente norme internationale, les spécifications générales relatives aux fibres optiques de la CEI 60793-2 s'appliquent.

Note 1 à l'article: Les capteurs à fibres optiques basés sur des guides d'ondes plans ou micro-structurés, ou sur des fibres à cristaux photoniques ou fibres multi-core sont à l'étude et ne font pas encore partie de la présente Norme.

### 3.21

#### **lignes à fibres optiques**

lignes de fibres optiques qui relient le détecteur à l'alimentation optique et au récepteur optique

### 3.22

#### **interface optique**

point arbitraire au niveau duquel l'effet de la grandeur à mesurer sur le détecteur est défini optiquement

Note 1 à l'article: L'interface optique représente le signal optique brut pour un traitement ultérieur par l'utilisateur. La longueur d'onde, l'état de polarisation, la puissance optique, etc. sont des attributs typiques de ce type d'interface. Des spécifications plus détaillées traiteraient du modèle de connecteur à fibres optiques, du type de fibre optique, etc.

### 3.23

#### **récepteur optique**

dispositif qui reçoit l'onde lumineuse affectée par la grandeur à mesurer et la transforme en une grandeur, généralement électrique, selon une loi prédéterminée. Ce récepteur peut contenir un ou plusieurs photo-détecteurs, modules de traitement de signal et interfaces de communication

### 3.24

#### **alimentation optique**

dispositif qui fournit l'énergie optique nécessaire à l'interaction entre le détecteur et la grandeur à mesurer

Note 1 à l'article: Ce dispositif contient au moins une source lumineuse et il peut contenir des fonctions de conditionnement de signal. Lorsque l'énergie optique est fournie par le phénomène mesuré, l'alimentation optique n'est pas nécessaire.

### 3.25

#### **conditions de fonctionnement assignées**

conditions de fonctionnement qui doivent être satisfaites pendant le mesurage pour qu'un appareil de mesure ou un système de mesure [ou un capteur à fibres optiques] fonctionne conformément à la conception

[SOURCE: ISO/CEI Guide 99]

Note 1 à l'article: Les conditions de fonctionnement assignées spécifient généralement des intervalles de valeurs relatives à la grandeur mesurée et à n'importe quelle grandeur d'influence.

### 3.26

#### **résolution**

plus petite variation d'une grandeur mesurée qui cause une variation perceptible dans l'indication correspondante

[SOURCE: ISO/CEI Guide 99]

Note 1 à l'article: La résolution peut dépendre, par exemple, du bruit (interne ou externe) ou des frottements. Elle peut aussi dépendre de la valeur d'une grandeur mesurée.

### 3.27

#### **sensibilité**

rapport entre la variation dans une indication d'un système de mesure [ou d'un capteur à fibres optiques] et la variation correspondante de la valeur d'une grandeur mesurée

[SOURCE: ISO/CEI Guide 99]

Note 1 à l'article: La sensibilité d'un système de mesure peut dépendre de la valeur de la grandeur mesurée.

Note 2 à l'article: La variation considérée dans une valeur d'une grandeur mesurée doit être grande par rapport à la résolution.

### 3.28

#### **interface de signal**

point arbitraire au niveau duquel l'effet de la grandeur à mesurer apparaît sous une forme directement utilisable, à des fins de contrôle ou de mesure. Dans certains cas, la ou les interfaces optiques et la ou les interfaces de signal peuvent coïncider

### 3.29

#### **capteur à fibres optiques ponctuel**

capteur à fibres optiques constitué d'un détecteur discret qui génère un signal lié à la valeur de la grandeur à mesurer

### 3.30

#### **résolution spatiale**

mesure de l'aptitude d'un capteur à fibres optiques réparti à distinguer des indications spatiales de la grandeur à mesurer

Note 1 à l'article: La résolution de la grandeur à mesurer (par exemple la température ou une déformation), la résolution spatiale, la plage de distances et le temps d'acquisition sont interdépendants. Le traitement du signal crée une autre influence.

### 3.31

#### **stabilité**

aptitude d'un appareil de mesure [et/ou d'un capteur à fibres optiques] à conserver ses caractéristiques de fonctionnement [métrologiques] sans modification à l'intérieur d'une plage spécifiée pendant une durée spécifiée, toutes les autres conditions demeurant les mêmes

[SOURCE: CEI 60050-311:2001, 311-06-12, modifié]

**3.32  
temps de réponse à un échelon**

durée comprise entre l'instant où la grandeur à mesurer (ou la grandeur fournie) subit un changement brusque spécifié et l'instant où l'indication (ou la grandeur fournie) atteint, et se maintient dans une plage de limites spécifiées autour de sa valeur finale, en régime établi

Note 1 à l'article: Cette définition est celle qui est conventionnellement utilisée pour les appareils de mesure. D'autres définitions existent.

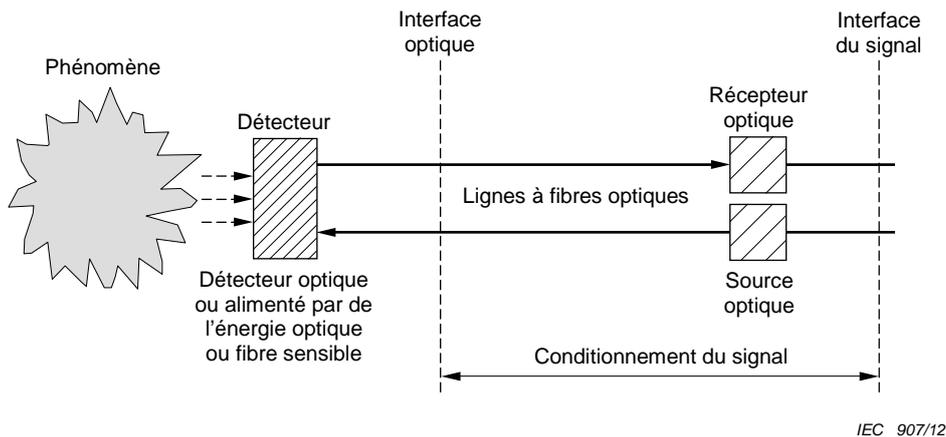
[SOURCE: CEI 60050-311:2001, 311-06-04]

**3.33  
variation due à une grandeur d'influence / sensibilité transverse**

différence d'indication d'une valeur de grandeur à mesurer donnée lorsqu'une grandeur d'influence prend successivement deux valeurs différentes [par exemple lors de la mesure d'une déformation, une variation de température peut apparaître comme une variation de la déformation]

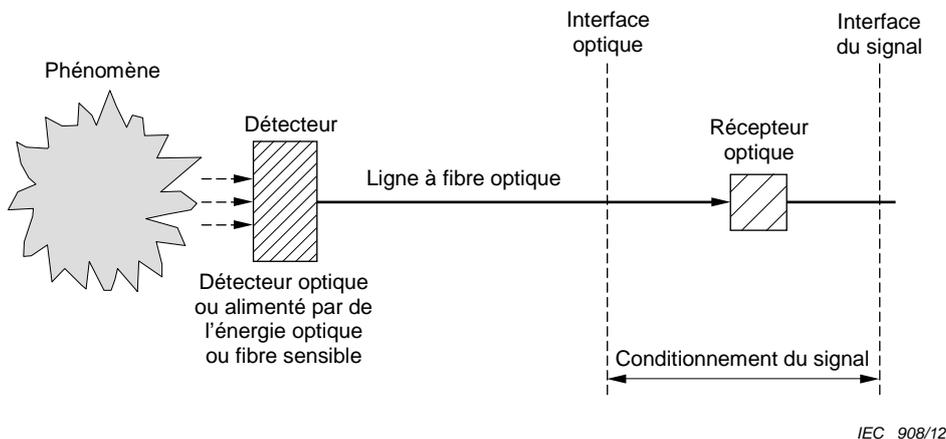
[SOURCE: ISO/CEI Guide 99]

La Figure 1 présente une configuration de capteur à fibres optiques avec un élément détecteur passif et des "conducteurs" en fibre séparés pour l'entrée et la sortie optique.



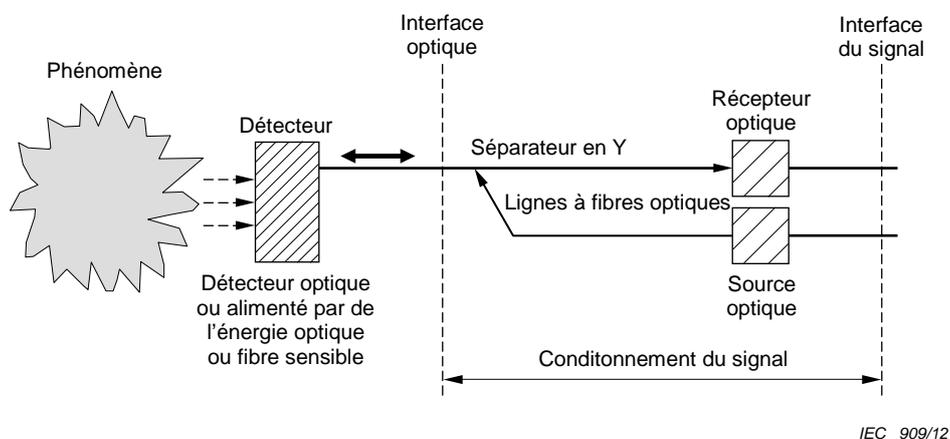
**Figure 1 – Configuration d'un capteur à fibres optiques avec un détecteur passif et des lignes à fibres optiques distinctes pour les entrées et les sorties optiques**

La Figure 2 présente une configuration de capteur à fibres optiques avec un détecteur actif.



**Figure 2 – Configuration d'un capteur à fibres optiques avec détection active**

La Figure 3 présente une configuration de capteur à fibres optiques avec un élément détecteur passif et un “conducteur” en fibre pour l’entrée et la sortie optique; la séparation des signaux est faite au moyen d’un répartiteur Y.



**Figure 3 – Configuration d'un capteur à fibres optiques avec un détecteur passif et une ligne à fibres optiques pour les entrées et les sorties optiques; la séparation des signaux est réalisée par un séparateur en Y**

#### 4 Assurance de la qualité

La conformité à la présente Norme internationale ne garantit pas la constance de fabrication de chaque capteur à fibres optiques produit. Il convient qu'elle soit maintenue en utilisant un programme reconnu d'assurance de la qualité.

Si le client souhaite spécifier des essais de réception ou d'autres procédures d'assurance de la qualité, il est essentiel qu'ils fassent l'objet d'un accord entre le fournisseur et le client au moment de la commande.

La présente spécification générique fournit les références normatives, les définitions, les procédures d'essai et de mesure, ainsi que les critères de classification applicables aux capteurs à fibres optiques en général. En raison de la grande variété de classes de capteurs à fibres optiques, les spécifications intermédiaires doivent stipuler quels essais sont applicables à chaque classe particulière de capteurs à fibres optiques. Les spécifications de famille et/ou particulières doivent décrire quels essais stipulés dans les spécifications intermédiaires applicables s'appliquent à un style particulier ou à une variante de capteurs à fibres optiques.

Les spécifications de famille, intermédiaires et/ou particulières applicables doivent également indiquer quels essais et niveaux de performance sont applicables aux différents éléments du capteur à fibres optiques, tels que l'alimentation optique, le récepteur optique, le détecteur et les lignes à fibres optiques.

#### 5 Procédures d'essai et de mesure

##### 5.1 Généralités

Le présent article a pour objet de présenter les méthodes générales d'essai et de mesure applicables aux capteurs à fibres optiques. Ces essais et mesures traitent de l'interaction entre les divers composants du capteur à fibres optiques, dans le cadre de leur fonctionnement pour traduire la grandeur à mesurer spécifiée dans la grandeur de sortie spécifiée au niveau de l'interface optique ou de l'interface de signal.

Il existe trois catégories d'essais et de mesures:

- la mesure des paramètres;
- la mesure des performances;
- les essais de conformité.

## **5.2 Conditions normales d'essai**

Tous les composants discrets (alimentation optique, détecteur optique, coupleurs à fibres optiques, fibres optiques, etc.) doivent être soumis à des essais conformément aux spécifications applicables, préalablement à l'assemblage du capteur. Tous les composants doivent ensuite être assemblés puis conditionnés conformément aux spécifications de famille et/ou particulières et à la notice d'utilisation, avant d'effectuer les essais du capteur conformément à la présente spécification.

Les essais doivent être effectués dans des conditions atmosphériques normales, selon les indications de la CEI 60068-1:1998. Les conditions atmosphériques doivent être contrôlées dans une certaine plage pour garantir une bonne corrélation des données obtenues à partir des mesures et des essais réalisés dans différentes installations. Avant d'effectuer les mesures, les capteurs doivent être préconditionnés dans des conditions atmosphériques normales, pendant une durée suffisamment longue pour permettre à chaque élément du capteur ou au capteur complet d'atteindre la stabilité thermique. Les exigences ci-dessus doivent être appliquées, sauf indication contraire dans les spécifications de famille, intermédiaires et/ou particulières.

Dans un essai, lorsque le terme "montage" est spécifié, le spécimen doit être solidement fixé à un support rigide fait d'un matériau adapté, dont les dimensions et le contour sont tels que le spécimen demeure complètement et rigidement adossé au support comme il le serait en cours d'utilisation. Pour les spécimens libres ou fixes, les fixations de montage appropriées doivent être indiquées dans les spécifications de famille, intermédiaires et/ou particulières applicables.

Les conditions de rétablissement, dans l'intervalle faisant suite à un essai de conditionnement, doivent être conformes aux publications de la CEI correspondantes, sauf indication contraire dans les spécifications intermédiaires, de famille et/ou particulières.

## **5.3 Exigences concernant le matériel d'essai et de mesure**

Le matériel d'essai et de mesure, y compris les sources d'alimentation requises et la source de la grandeur à mesurer (accordable à l'intérieur de la plage spécifiée dans la spécification de famille et/ou particulière), doit être étalonné et réglé conformément aux instructions du fabricant avant son utilisation, afin de réduire au maximum l'incertitude de mesure. Un appareil critique doit satisfaire au système international d'unités (SI).

La stabilité et l'incertitude de mesure du matériel d'essai et de mesure doivent être nettement meilleures que le niveau d'exactitude spécifié pour le capteur à fibres optiques en essai.

## **5.4 Contrôle visuel**

Le marquage apposé sur chaque capteur doit être conforme à l'Article 7 de la présente spécification générique et doit faire l'objet d'un contrôle, pour vérifier s'il est lisible et complet.

Le contrôle visuel doit vérifier que tous les éléments requis dans les spécifications de famille et/ou particulières sont intégrés au capteur et raccordés selon la description dans les spécifications de famille et/ou particulières, afin d'en assurer le bon fonctionnement. Le contrôle visuel doit également vérifier qu'aucun élément ne présente des signes de dommage physique ou des imperfections susceptibles d'influer sur le fonctionnement ou la durée de vie du capteur.

## 5.5 Dimensions

Les dimensions doivent être mesurées pour garantir que le capteur est conforme à toutes les dimensions et poids critiques tels qu'ils sont spécifiés dans les spécifications de famille, particulières et/ou intermédiaires applicables.

## 5.6 Propriétés métrologiques

### 5.6.1 Généralités

Les essais relatifs aux propriétés métrologiques ont pour objet de caractériser les effets de la grandeur à mesurer et des grandeurs d'influence perturbatrices sur la sortie du capteur, au niveau de l'interface optique ou de l'interface de signal ou l'indication du système de mesure complet. Ces essais doivent être réalisés dans des conditions de référence comme cela est décrit dans les spécifications de famille, intermédiaires et/ou particulières applicables.

Dans cette spécification générique, les paramètres importants qui caractérisent les propriétés métrologiques seront les seuls présentés. Les procédures d'essai spécifiques aux capteurs et les valeurs des grandeurs à mesurer appropriées doivent être spécifiées dans les spécifications de famille, intermédiaires et/ou particulières applicables.

### 5.6.2 Paramètres métrologiques

Au minimum, les paramètres et les spécifications de performances métrologiques suivants doivent être déterminés afin de caractériser les propriétés métrologiques d'un système de mesure ou d'un capteur à fibres optiques (citées dans l'ordre alphabétique):

- exactitude;
- durabilité;
- incertitude de mesure des appareils;
- conditions de fonctionnement restrictives / valeurs restrictives pour le fonctionnement;
- précision des mesures;
- intervalle de mesure / plage de mesure;
- résolution / résolution spatiale (le cas échéant);
- sensibilité;
- stabilité / dérive;
- temps de réponse à un échelon (le cas échéant);
- variation due à une grandeur d'influence / sensibilité transverse.

## 5.7 Essais optiques

### 5.7.1 Généralités

Dans les configurations de capteurs permettant des essais optiques, les paramètres suivants peuvent être inclus dans les spécifications de famille, intermédiaires et/ou particulières.

### 5.7.2 Puissance optique

La puissance optique doit être mesurée avec un appareil de mesure de la puissance optique étalonné et traçable.

### 5.7.3 Longueur d'onde nominale et caractéristiques spectrales appropriées

La longueur d'onde nominale d'un laser doit être mesurée avec un appareil de mesure des ondes optiques étalonné et traçable. La longueur d'onde nominale d'une source lumineuse à large bande ou la réponse spectrale d'un capteur à fibres optiques doit être mesurée avec un analyseur de spectre optique étalonné et traçable.

#### 5.7.4 État de polarisation

L'état de polarisation doit être mesurée avec un polarimètre étalonné et traçable.

#### 5.7.5 Performance des connecteurs de fibres

Dans le cadre de la présente Norme internationale, les spécifications générales pour les connecteurs pour fibres optiques de la CEI 61753 (toutes les parties) s'appliquent. Les extrémités des connecteurs doivent être inspectées conformément à la CEI 61300-3-35 et, si nécessaire, nettoyées conformément à la CEI/TR 62627-01.

### 5.8 Essais électriques

#### 5.8.1 Généralités

Les essais électriques ont pour objet de vérifier que le capteur à fibres optiques a été conçu et fabriqué conformément à des usages de conception sûrs et établis en matière d'exigences sur les équipements électriques pour que le capteur à fibres optiques soit fiable et puisse être actionné en toute sécurité. La liste de paramètres donnée au 5.8.2 peut aider à déterminer les procédures appropriées aux capteurs à fibres optiques comportant des composants ou des circuits électriques.

#### 5.8.2 Paramètres et procédures d'essai

<i>Paramètre</i>	<i>Procédure d'essai</i>
Résistance d'isolement	CEI 60060-1
Résistance diélectrique à la fréquence industrielle	CEI 60060-1
Choc de foudre	CEI 60060-1
Contrainte de tension	Voir 5.8.3
Transitoires rapides	CEI 61000-4-4
Tension d'amorçage d'impulsion	CEI 61000-4-5
Courant de décharge d'impulsion	CEI 61000-4-5
Décharge électrostatique	CEI 61000-4-2
Champ électromagnétique	CEI 61000-4-3

#### 5.8.3 Contrainte de tension

- Influence du niveau de la tension d'alimentation:
 

Le matériel est soumis à des variations de la tension d'alimentation  $U$ , entre les valeurs  $U_{\min}$  et  $U_{\max}$ , comme spécifié dans les spécifications de famille et/ou particulières applicables.
- Variation lente de la tension d'alimentation:
 

Le matériel installé conformément aux instructions des spécifications de famille et/ou particulières applicables est alimenté par sa tension assignée. Le niveau de la tension est diminué par rapport à la tension assignée jusqu'à 0 V, puis augmenté à partir de 0 V jusqu'à la tension assignée, comme spécifié dans les spécifications de famille et/ou particulières applicables.
- Influence de la fréquence:
 

Selon les exigences des spécifications de famille et/ou particulières applicables.
- Influence d'une microcoupure de la tension d'alimentation:
 

Selon les exigences des spécifications de famille et/ou particulières applicables.
- Harmonique 3:
 

Selon les exigences des spécifications de famille et/ou particulières applicables.

## 5.9 Essais mécaniques

### 5.9.1 Généralités

Les essais mécaniques ont pour but de vérifier que le capteur à fibres optiques a été fabriqué conformément à des usages de conception sûrs et établis en matière de fiabilité mécanique. La liste de paramètres donnée au 5.9.2 peut aider à déterminer les procédures appropriées aux capteurs à fibres optiques. Pour les installations dans des bâtiments industriels, des paramètres pour les essais mécaniques peuvent être utilisés conformément aux environnements définis par la classification Mécanique, Intrusion, Climatique et chimique et Electromécanique (MICE). Des informations supplémentaires sont présentées dans la CEI/TR 62362 et dans l'ISO/CEI TR 29106.

### 5.9.2 Paramètres et procédures d'essai

<i>Paramètres</i>	<i>Procédure d'essai</i>
Vibrations	CEI 60068-2-6 et CEI 61300-2-1
Chocs et secousses	CEI 60068-2-27 et CEI 61300-2-9
Courbure des lignes en fibre	CEI 60794-1-1 et CEI 60794-1-2
Torsion des lignes en fibre	CEI 60794-1-1 et CEI 60794-1-2
Ecrasement des lignes en fibre	CEI 60794-1-1 et CEI 60794-1-2
Résistance des lignes en fibre à la traction	CEI 60794-1-1 et CEI 60794-1-2
Connecteur de fibres	Séries CEI 60874-1 et CEI 61300
Macro-courbures de fibre optique	CEI 60793-1-1
Résistance des fibres optiques à la traction	CEI 60793-1-1
Géométrie des fibres et des revêtements	CEI 60793-1-1
Dénudabilité du revêtement	CEI 60793-1-1

## 5.10 Essais climatiques et d'environnement

### 5.10.1 Généralités

Les essais climatiques et d'environnement sont destinés à vérifier que l'influence des conditions climatiques et d'environnement spécifiées sur les caractéristiques métrologiques du système est conforme aux spécifications de famille et/ou particulières. Au cours de ces essais, la grandeur à mesurer doit être conforme aux spécifications de famille et/ou particulières en matière de valeur et de stabilité. La liste de paramètres donnée au 5.10.2 peut aider à déterminer les procédures appropriées aux capteurs à fibres optiques. Pour les installations dans des bâtiments industriels, des paramètres pour les essais climatiques et d'environnement peuvent être utilisés conformément aux environnements définis par la classification Mécanique, Intrusion, Climatique et chimique et Electromécanique (MICE). Des informations supplémentaires sont présentées dans la CEI/TR 62362 et dans l'ISO/CEI TR 29106.

Comme pour d'autres composants, la catégorie climatique d'un capteur à fibres optiques doit être exprimée sous la forme indiquée à l'Annexe A de la CEI 60068-1:1998. Pour déterminer les performances d'un capteur à fibres optiques, dans une catégorie climatique donnée, les procédures d'essai minimales sont les suivantes:

- a) froid;
- b) chaleur sèche;
- c) chaleur humide, essai continu.

### 5.10.2 Paramètres et procédures d'essai

<i>Paramètre</i>	<i>Procédure d'essai</i>
Froid	CEI 60068-2-1 (Ab/Ad)
Chaleur sèche	CEI 60068-11-5 (Bb/Bd) et CEI 61300-2-18
Variations rapides de température	CEI 60068-2-14 (Na/Nb) et CEI 61300-2-22
Chaleur humide, essai continu	CEI 60068-2-78
Chaleur humide, essai cyclique	CEI 60068-2-30
Atmosphère corrosive	CEI 60068-2-11 et CEI 61300-2-46
Étanchéité	CEI 60529
Poussières	CEI 60529
Atmosphère industrielle	CEI 60068-2-42 et CEI 60068-2-43
Inflammabilité et résistance au feu	CEI 60695-2-2 et CEI/TR 62222
Moisissures	CEI 60068-2-10
Basse pression atmosphérique	CEI 60068-2-13
Rayonnement solaire	CEI 60068-2-5
Rayonnement nucléaire	CEI/TR 62283 et CEI 60793-1-54
Réaction à la lumière ambiante	Voir 5.11.
Attaque biologique	à l'étude

NOTE Lorsque des capteurs à fibres optiques sont utilisés par exemple dans des systèmes en pleine mer ou dans des systèmes d'évacuation, les attaques microbiologiques et les couches bactériologiques peuvent endommager ou influencer le fonctionnement du capteur.

### 5.11 Réaction à la lumière ambiante

La mesure de la réaction à la lumière ambiante sert à déterminer que la lumière ambiante n'est pas couplée aux fibres optiques ni au récepteur optique d'une façon affectant les performances du capteur à fibres optiques. La longueur d'onde, la modulation, l'intensité et la direction d'une source lumineuse utilisée pour simuler la lumière ambiante doivent être indiquées dans les spécifications de famille, intermédiaires et/ou particulières applicables, s'il y a lieu.

### 5.12 Résistance aux solvants et aux fluides contaminants

Une liste des fluides auxquels les différents éléments du capteur à fibres optiques doivent résister doit être indiquée dans les spécifications de famille, intermédiaires et/ou particulières applicables. Pour les installations dans des bâtiments industriels, des paramètres pour les essais de résistance chimique peuvent être utilisés conformément aux environnements définis par la classification Mécanique, Intrusion, Climatique et chimique et Electromécanique (MICE). Des informations supplémentaires sont présentées dans la CEI/TR 62362 et dans l'ISO/CEI TR 29106. Pour les connecteurs, les paramètres de la CEI 61300-2-34 peuvent également être utilisés.

## 6 Classification

### 6.1 Généralités

La classification retenue a pour objet de permettre l'élaboration de spécifications de famille, intermédiaires et/ou particulières, à partir de procédures d'assurance de la qualité communes, au niveau de l'interface optique ou de l'interface de signal.

A cet effet, les capteurs à fibres optiques sont classés selon les quatre critères suivants:

- grandeur à mesurer;
- principe de transduction;
- répartition spatiale;
- niveau d'interface.

## 6.2 Grandeur à mesurer

La grandeur à mesurer désigne la quantité, la propriété ou la condition physique ou électrique devant être mesurées par le capteur à fibres optiques.

La liste suivante ne doit pas être considérée comme une liste exhaustive mais comme un échantillon de grandeurs à mesurer pour des capteurs à fibres optiques. Les exemples qui les illustrent, à l'Annexe A, ne doivent ni être considérés comme étant restrictifs, ni constituer une recommandation ou une approbation d'un principe particulier de transduction.

### 6.2.1 Présence/absence d'objets ou de caractéristiques

Capteur de fin de course (bouton, levier, touche): un capteur de fin de course à fibres optiques détecte un mouvement qui se produit au-delà d'un point prédéterminé.

Niveau: un capteur de niveau à fibres optiques détecte la montée ou la descente d'un solide ou d'un liquide au-delà d'une position déterminée.

Proximité: un capteur de proximité à fibres optiques détecte la présence ou l'absence d'un objet donné.

Photo-interruption: un capteur de photo-interruption à fibres optiques détecte le franchissement d'une limite par un objet ou par un corps.

### 6.2.2 Position

Position linéaire: un capteur de position linéaire à fibres optiques détermine la position absolue ou relative d'un objet le long d'une ligne, dans une région délimitée.

Un capteur de position différentielle détermine la position relative de deux ou plusieurs objets.

Position angulaire: un capteur de position angulaire à fibres optiques détermine la position absolue ou relative d'un objet tournant autour d'un axe.

Proximité: un capteur de proximité à fibres optiques détermine le rapprochement relatif d'un objet par rapport à un emplacement prédéfini.

Zone (surface): un capteur de zone à fibres optiques peut être considéré comme l'extension multidimensionnelle du capteur de position linéaire. Une matrice bidimensionnelle de points sensibles ou un ensemble convergent/divergent de stimuli de capteur constitueraient un capteur de zone.

Dimensionnel: un capteur dimensionnel à fibres optiques peut être utilisé pour déterminer les dimensions d'un objet.

### 6.2.3 Vitesse de changement de position

Vitesse ou vitesse linéaire: un capteur de vitesse linéaire à fibres optiques détermine la vitesse de déplacement d'un objet.

Vitesse ou vitesse de rotation: un capteur de vitesse de rotation à fibres optiques détermine la vitesse angulaire d'un objet en rotation.

Gyroscope: un gyroscope à fibres optiques est un capteur inertiel qui détermine la vitesse de rotation ou le degré de rotation intégré par rapport à un repère inertiel fixe, défini selon un axe d'entrée.

Accélération linéaire: un capteur d'accélération linéaire à fibres optiques détermine le rythme de modification de la vitesse d'un objet le long d'un vecteur donné.

Accélération en rotation: un capteur d'accélération en rotation à fibres optiques détermine le rythme de croissance ou de décroissance de la vitesse angulaire d'un objet en rotation.

#### **6.2.4 Ecoulement**

Les capteurs à fibres optiques peuvent être utilisés pour déterminer la vitesse d'écoulement ou la quantité de fluide en déplacement dans un conduit, au moyen de différentes techniques.

#### **6.2.5 Température**

Des capteurs de température ponctuels et des capteurs de température répartis mesurant plusieurs points le long d'une fibre sont utilisés.

#### **6.2.6 Force par vecteur directionnel**

Sismique: un capteur sismique à fibres optiques détermine le mouvement vibratoire du sol d'une planète ou d'un autre corps céleste.

Vibration: un capteur de vibration à fibres optiques détermine la magnitude de la force appliquée à un corps animé d'un déplacement périodique alterné dans des directions opposées.

Couple: un capteur de couple à fibres optiques détermine la force de rotation appliquée à une distance perpendiculaire spécifique par rapport à l'axe de rotation d'un objet.

Poids: un capteur de poids à fibres optiques détermine la force de gravité agissant sur un corps d'une masse donnée.

#### **6.2.7 Force par surface**

Acoustique: un capteur acoustique à fibres optiques détermine la pression, variable dans le temps, provoquée par des ondes acoustiques.

Pression: un capteur de pression à fibres optiques détermine la pression d'un gaz ou d'un liquide.

#### **6.2.8 Déformation**

Les capteurs à fibres optiques peuvent être utilisés pour déterminer un changement limité dans la longueur d'un matériau (déformation), résultant d'une traction ou d'une compression au moyen de différentes techniques.

#### **6.2.9 Grandeurs électromagnétiques**

Champ magnétique: un capteur de champs magnétiques à fibres optiques détermine des champs magnétiques, au moyen de différentes techniques.

Courant électrique: un capteur de courant à fibres optiques est un type particulier de capteur de champs magnétiques, dans lequel on mesure l'intégrale du champ magnétique le long d'un chemin fermé entourant un conducteur. Etant donné que l'intégrale du champ magnétique autour d'un conducteur est égale au flux de courant s'écoulant dans le conducteur (loi d'Ampère), il en résulte que le capteur réagit uniquement au courant dans le conducteur et non aux autres courants ou champs magnétiques se trouvant à proximité.

Champ électrique: un capteur de champ électrique à fibres optiques détermine des champs électriques, en utilisant différentes techniques.

Tension: un capteur de tension à fibres optiques est un capteur de champs électriques, dans lequel des électrodes sont attachées au capteur de manière que le champ électrique soit appliqué au détecteur selon une géométrie définie.

Rayonnement électromagnétique: des capteurs à fibres optiques peuvent être conçus pour détecter ou caractériser un rayonnement électromagnétique, tel que micro-ondes, ondes lumineuses, etc.

#### **6.2.10 Rayonnement nucléaire et ionisant**

Ce type de capteur à fibres optiques peut servir à détecter des rayonnements  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  ainsi que d'autres rayonnements ionisants.

#### **6.2.11 Autres propriétés physiques des matériaux**

Indice de réfraction des matériaux: un capteur d'indice de réfraction à fibres optiques détermine les indices de réfraction dans les mélanges de fluides.

Densité: un capteur de densité à fibres optiques détermine la masse volumique ( $\text{g/cm}^3$ ) de particules de matière.

Viscosité: un capteur de viscosité à fibres optiques détermine la résistance à l'écoulement d'un fluide donné.

Domage: un dommage structurel brut, une atteinte à l'intégrité structurelle et un dommage naissant occasionné à du matériel, dans le domaine militaire, dans le domaine des travaux publics ou de l'architecture, peuvent être détectés par des capteurs à fibres optiques.

#### **6.2.12 Composition et grandeurs chimiques spécifiques**

Chimique: les capteurs à fibres optiques peuvent servir à mesurer une seule grandeur chimique ou à examiner un matériau ou un mélange. Les principales utilisations de ce type de capteur sont les suivantes: analyse qualitative et quantitative des espèces chimiques, des contaminants et contrôles de processus réactifs.

#### **6.2.13 Particules**

Nombre: un capteur de particules à fibres optiques détermine la répartition des tailles ainsi que la fréquence des particules de matière en suspension dans l'air ou dans un liquide.

Atomique: les capteurs à fibres optiques peuvent servir à détecter des particules de matière microscopiques et macroscopiques contaminées qui sont devenues actives, voire radioactives.

Turbidité: un capteur de turbidité à fibres optiques détermine l'aspect trouble ou l'opacité d'un fluide donné.

#### **6.2.14 Formation d'image**

Un capteur d'images à fibres optiques peut servir à transférer une image.

### **6.3 Principe de transduction**

Le principe de transduction décrit la façon dont les caractéristiques optiques du rayonnement lumineux sont affectées par la grandeur à mesurer. Il peut être décrit par la fonction de transfert de la grandeur à mesurer à l'onde optique guidée.

### **6.3.1 Génération active de rayonnement lumineux**

La grandeur à mesurer crée directement une énergie optique, dont les caractéristiques peuvent être analysées afin d'en retirer une estimation de la grandeur à mesurer. Le rayonnement de corps noirs, le rayonnement de Cerenkov, l'arc électrique sont des exemples de génération active de rayonnement lumineux.

### **6.3.2 Interaction entre le champ et l'atome**

Une sonde optique à une ou plusieurs longueurs d'ondes spécifiques permet d'examiner la grandeur que l'on souhaite mesurer. Les caractéristiques du matériau mesuré modifient le rayonnement lumineux de la sonde d'une façon ou d'une autre et celui-ci est détecté ultérieurement sur une ou plusieurs longueurs d'ondes ou fréquences. L'absorption à résolution spectrale, la fluorescence, la spectroscopie, les effets Doppler et non linéaire sont des exemples d'interaction entre le champ et l'atome.

### **6.3.3 Modulation de cohérence**

Les capteurs à fibres optiques peuvent utiliser la modulation de cohérence, conjointement à des techniques d'interférométrie lumineuse à large bande, afin de caractériser les grandeurs à mesurer. Cette technique est fréquemment utilisée pour résoudre des mesures spatialement. Certains interféromètres à lumière blanche appartiennent à cette catégorie de capteurs.

### **6.3.4 Modulation d'intensité**

Les capteurs à fibres optiques utilisant une modulation d'intensité ont une fonction de transfert dont la sortie s'exprime en intensité. L'affaiblissement, les effets de couplage, l'interruption, les micro-courbures et la réflectivité sont des exemples de modulation d'intensité.

### **6.3.5 Modulation du spectre optique**

Les capteurs à fibres optiques peuvent utiliser une modulation du spectre optique. La diffusion Brillouin, la fluorescence, l'interférométrie lumineuse à large bande, l'effet Doppler, la longueur d'onde du rayonnement lumineux réfléchi par des réseaux de fibres, sont des exemples de modulation du spectre optique.

### **6.3.6 Modulation de phase**

Les capteurs à fibres optiques peuvent utiliser une modulation de phase conjointement à des techniques d'interférométrie afin de caractériser différentes grandeurs à mesurer. Les revêtements électro- ou magnéto-strictifs, l'énergie acoustique, la déformation linéaire, l'effet Sagnac, l'effet Faraday et l'indice de réfraction peuvent tous être utilisés dans des capteurs à modulation de phase.

### **6.3.7 Modulation de polarisation**

L'état de polarisation d'une énergie optique peut être modifié par une grandeur à mesurer; rotation et retardance sont des phénomènes courants. Ces mécanismes se produisent via l'effet élasto-optique, l'activité optique ou d'autres principes de transduction.

## **6.4 Répartition spatiale**

La répartition spatiale décrit les possibilités d'extension et de résolution d'un capteur à fibres optiques. On distingue les capteurs de type ponctuel, à points multiples, intégrateur et réparti (voir Article 3).

## 6.5 Niveau d'interface

Le niveau d'interface se définit comme étant le niveau de conditionnement pour lequel le signal de sortie est disponible à l'utilisateur. A cette interface, comme une interface de communication, une interface de signal analogique, une interface optique (voir Article 3), les entrées et sorties du capteur doivent être spécifiées. Cette spécification des interfaces est nécessaire pour permettre à l'utilisateur d'exploiter les informations provenant du capteur et pour garantir l'interfonctionnement entre différents produits.

## 7 Marquage, étiquetage, emballage

### 7.1 Marquage des composants

Tous les capteurs à fibres optiques doivent être marqués, de manière lisible et durable, à l'endroit où il y a de la place, avec:

- identification du dispositif;
- marquage d'identité du fabricant;
- code de date de fabrication (année/code du lot de production);
- marquage des mètres pour les câbles à capteurs répartis;
- avertissement de rayonnement laser ou étiquette d'avertissement, si besoin.

### 7.2 Marquage d'un boîtier hermétique

Tous les boîtiers de capteurs doivent porter l'indication suivante:

- code de désignation CEI;
- toute marque additionnelle exigée par les spécifications de famille, intermédiaires et/ou particulières.

Lorsque les spécifications de famille, intermédiaires et/ou particulières l'exigent, le boîtier doit aussi comporter des instructions de montage du ou des capteurs, ainsi que la description des outils ou des matériaux particuliers, le cas échéant.

S'il y a lieu, les boîtiers individuels (à l'intérieur du boîtier hermétique) doivent porter le numéro de référence de l'enregistrement certifié de lots livrés, le code d'identification de l'unité de fabrication et l'identification du composant.

## 8 Code de désignation CEI

Les capteurs à fibres optiques auxquels s'applique la présente norme doivent être désignés par les lettres CEI suivies du numéro de la spécification de famille, particulière applicable.

## 9 Sécurité

### 9.1 Généralités

Les composants et systèmes à fibres optiques peuvent émettre un rayonnement dangereux. Il est susceptible de se produire à différents niveaux:

- sources;
- systèmes de transmission, dans les conditions suivantes:
  - installation,
  - interruption de service ou interruption intentionnelle,
  - panne ou interruption intempestive;
- mesure et essais.

## **9.2 Sécurité du personnel**

En matière d'évaluation des risques concernant le personnel, des précautions et des exigences du fabricant, le document de référence est la CEI 60825-1.

## **9.3 Sécurité dans un environnement explosif**

Tout câble de capteur et dispositif destiné à être utilisé dans des environnements explosifs doit être approuvé par un organisme de certification conformément à la CEI 60079-28 et marqué en conséquence.

## **10 Informations relatives aux commandes**

A la commande, les informations suivantes doivent être incluses dans les contrats d'achat pour des articles conformes à la présente norme:

- code de désignation CEI;
- toute information complémentaire ou exigences spéciales.

## **11 Dessins inclus dans les spécifications de famille, intermédiaires et particulières**

La présence de dessins a principalement pour objet d'assurer une interchangeabilité mécanique. Les dessins ne sont pas destinés à restreindre les détails de construction n'affectant pas l'interchangeabilité, ni à être utilisés en tant que schémas de fabrication. Les concepteurs de matériel doivent travailler dans le cadre indiqué, sans tenir compte des dimensions des spécimens individuels.

## **Annexe A** (informative)

### **Exemples de capteurs à fibres optiques**

#### **A.1 Généralités**

Les exemples indiqués ci-dessous illustrent la façon dont les capteurs à fibres optiques peuvent mesurer les différentes grandeurs citées en 6.2. La classification dans cette annexe suit de près celle de 6.2. Les exemples sont donnés à titre illustratif et ne doivent ni être considérés comme étant restrictifs, ni constituer une recommandation ou une approbation d'un principe particulier de transduction.

#### **A.2 Présence/absence d'objets ou de caractéristiques**

##### **A.2.1 Capteur de fin de course (bouton, levier, touche)**

Un capteur de fin de course à fibres optiques détecte un mouvement qui se produit au-delà d'un point prédéterminé. La fonction type de ce dispositif est de déclencher un changement d'action lorsque le point prédéterminé est atteint. La détection d'une coupure de faisceau lumineux, notamment par un mécanisme de translation linéaire passant devant une tête réfléchive, est un exemple d'utilisation de capteur de fin de course. Le capteur de fin de course peut alors fermer (ou ouvrir) un commutateur pour arrêter le déplacement afin d'empêcher l'endommagement du mécanisme d'entraînement. Ce type de capteur sert également à la synchronisation ou à la détection d'origine, pour des systèmes à déplacement linéaire ou en rotation.

##### **A.2.2 Niveau**

Un capteur de niveau à fibres optiques détecte la montée ou la descente d'un solide ou d'un liquide au-delà d'une position déterminée. Par exemple, une fibre optique subit une réflexion de Fresnel de 4 % au niveau de la surface terminale polie exposée à l'air, en raison de la désadaptation des indices de réfraction. Lorsqu'un liquide atteint l'extrémité de cette fibre, la réflexion décroît en raison de l'amélioration de l'adaptation des indices de réfraction. Le capteur peut actionner une alarme indiquant la montée ou la descente du liquide, actionner une vanne pour prévenir tout dommage ou encore contrôler le processus.

##### **A.2.3 Proximité**

Un capteur de proximité à fibres optiques utilise la réflexion, l'émission/réflexion à infrarouge ou les principes de pression pour effectuer cette détection sans avoir recours à un contact physique direct. Un capteur de proximité classique peut être placé sous un tapis pour détecter une présence, à des fins de sécurité. Ce capteur peut, par exemple, utiliser les micro-courbures pour répondre aux stimuli de pression ou de vibration.

##### **A.2.4 Photo-interruption**

Un capteur de photo-interruption à fibres optiques est un dispositif qui émet un rayonnement lumineux qui barre un passage, par exemple dans un couloir. Ce faisceau lumineux est soit détecté du côté opposé du passage, soit réfléchi sur un élément de détection du côté de l'émetteur. Tout objet qui réfléchit ou arrête le faisceau lumineux provoque le déclenchement d'une alarme ou d'un relais, par l'intermédiaire du capteur de photo-interruption. Un capteur de photo-interruption à fibres optiques peut servir à des applications de type mécanisme de sécurité, comptage ou contrôle d'accès.

## **A.3 Position**

### **A.3.1 Position linéaire**

Les capteurs de position linéaire à fibres optiques se composent, par exemple, d'un réseau de fibres optiques placées de façon parallèle. Le ou les objets à détecter passant devant ce réseau altèrent la transmission ou la réflexion du faisceau lumineux à l'emplacement approprié, par rapport aux extrémités des fibres. Le système électronique du capteur déduit alors la position de l'objet dans la région sensible en fonction de l'amplitude optique relative du signal à partir de chacune des fibres. La résolution de la position détectée dépend de l'espacement entre les points sensibles.

Un capteur de position différentielle détermine la position relative de deux ou plusieurs objets. Ces capteurs peuvent servir à aider au maintien de la position relative de deux objets en déplacement. Les capteurs de position différentielle à fibres optiques peuvent être composés de fibres séparées physiquement par des techniques de transmission ou de réflexion, ou bien ils peuvent utiliser des techniques interférométriques telles que la technique Fabry-Pérot.

### **A.3.2 Position angulaire**

Un capteur de position angulaire à fibres optiques peut comporter de multiples fibres de capteurs disposées radialement. La détection de la position angulaire d'une boîte de vitesses ou d'un volant en est une application possible. Une variation de l'intensité lumineuse, par exemple une marque réfléchive ou une fente transmissive qui passe un point de détection donné, peut être décodée pour fournir une position angulaire relative. La résolution dépend, ici aussi, de l'espacement entre les points sensibles.

### **A.3.3 Proximité**

Un capteur de proximité utilisant la technologie des fibres optiques peut utiliser une fibre optique avec un revêtement externe contraignant et sensible au niveau acoustique. Un signal acoustique incident modifie l'amplitude du signal optique dans la fibre, en agissant sur la contraction du revêtement.

### **A.3.4 Zone (surface)**

Les capteurs de zone à fibres optiques peuvent être des réseaux de capteurs dotés d'un post-traitement évolué pour gérer les aspects à deux dimensions. Les techniques de détection de phase peuvent également être utilisées pour la détection de type zone.

### **A.3.5 Dimensionnel**

Les dimensions d'un objet peuvent être captées sans contact par des techniques de détection de bord à fibres optiques. Les systèmes de contrôle en ligne, par exemple, ont besoin de déterminer la taille des objets pour en effectuer le tri ou en déterminer la qualité. La taille d'un objet peut être déterminée en utilisant un réseau de fibres optiques et en captant le changement de reflet ou de transmission du rayonnement lumineux dans une région particulière du réseau.

## **A.4 Vitesse de changement de position**

### **A.4.1 Vitesse ou vitesse linéaire**

Les capteurs de vitesse classiques sont des capteurs à fibres optiques utilisant la méthode Doppler de décalage de phase. Ils sont capables de détecter la vitesse relative d'un objet sans qu'il y ait de contact physique.

#### **A.4.2 Vitesse ou vélocité de rotation**

Un capteur de vitesse de rotation à fibres optiques donne généralement une indication de la vitesse angulaire d'un objet en rotation: roue, engrenage ou axe. La vitesse de rotation de l'objet peut être indiquée soit en révolutions, soit en radians/degrés par unité de temps. Un capteur de photo-interruption (hacheur) peut servir à détecter la vitesse ou vélocité de rotation d'un objet donné. Les capteurs de vitesse de rotation se trouvent généralement dans des applications telles que les compteurs de tours.

#### **A.4.3 Gyroscope**

Un gyroscope à fibres optiques se compose d'une bobine de fibre optique (éventuellement préservant la polarisation) dans laquelle le rayonnement lumineux se propage simultanément dans le sens horaire et le sens anti-horaire. L'effet Sagnac, phénomène relativiste, induit un décalage de phase différentiel entre les ondes guidées dans le sens horaire et dans le sens anti-horaire, dans le milieu en rotation. La différence de phase des signaux détectés est comparée puis convertie en une vitesse ou un angle de rotation. Plusieurs réalisations sont possibles: gyroscope interférométrique à fibres optiques, gyroscope résonnant à fibres optiques, gyroscope de Brillouin à fibres optiques, et gyroscope à laser à ondes guidées en anneau.

#### **A.4.4 Accélération linéaire**

Les accéléromètres à fibres optiques sont généralement de nature interférométrique. Ces capteurs sont capables de détecter une accélération indirectement, en tirant parti des caractéristiques de déformation intrinsèque d'une fibre optique appropriée ou d'une masse d'épreuve.

#### **A.4.5 Accélération en rotation**

Un système classique à fibres optiques fonctionne avec les techniques de différenciation de phases. Lorsque le poids fait l'objet d'une attention particulière, on peut utiliser des capteurs d'accélération en rotation à fibres optiques. Les capteurs d'accélération en rotation peuvent être utiles dans le cas de systèmes de freins avec dispositif antiblocage équipant un véhicule, pour empêcher le dérapage. Un brusque changement de la vitesse de décélération peut déclencher une action de contrôle corrective du capteur.

### **A.5 Ecoulement**

Un débitmètre à fibres optiques détermine la vitesse d'écoulement ou la quantité de fluide en déplacement dans un conduit. Ce débitmètre peut être identifié par la théorie qui lui est appliquée: vitesse, force, tourbillon emporté par le courant, capteur de particules Doppler. Un débitmètre à turbine à fibres optiques utilise une fibre pour visualiser la rotation d'une lame de turbine, afin de compter les tours par minute. Dans un appareil de mesure d'une cible à fibres optiques, une extrémité de fibre est déplacée par un fluide et la micro-courbure de la fibre peut être corrélée au débit du fluide.

### **A.6 Température**

Des techniques ponctuelles sont fondées sur des réseaux de Bragg à fibres, mais elles incluent également l'absorption de corps noirs, le revêtement phosphorescent, les fibres optiques connectées sur des cavités de Fabry-Pérot ou des extrémités thermo-chromiques. Ces capteurs à fibres optiques peuvent déclencher un interrupteur en un point déterminé ou produire une sortie proportionnelle continue. Le pyromètre de corps noir est un exemple de capteur de température à fibres optiques. Il se compose d'une source d'émission de corps noirs qui répond à une température incidente en émettant dans la fibre une ou plusieurs longueurs d'ondes optiques, d'une intensité proportionnelle à la température.

Les techniques réparties sont principalement fondées sur la diffusion de Raman ou celle de Rayleigh. Le rayonnement laser est diffusé en continu dans une fibre optique ordinaire, et le rayonnement lumineux rétrodiffusé est utilisé pour calculer les profils de température le long de telles fibres. Des techniques fondées sur la diffusion de Brillouin ou celle de Rayleigh spontanée ou stimulée constituent une autre possibilité de mesure de la température. Toutefois, la diffusion de Brillouin présente une sensibilité transverse aux déformations, qui doit être prise en considération lors de la mesure de la température. Pour les applications à courte portée, la diffusion de Rayleigh observée par réflectométrie optique dans le domaine fréquentiel (OFDR) donne la meilleure résolution spatiale des trois méthodes, alors que la diffusion de Brillouin ou celle de Raman sont plus adaptées pour les applications à longue portée.

## **A.7 Force par vecteur directionnel**

### **A.7.1 Sismique**

Une mesure sismique à fibres optiques peut être effectuée par détection de contrainte dans une fibre donnée.

### **A.7.2 Vibrations**

L'isolation électrique, l'immunité contre le bruit, et la faible masse des capteurs à fibres optiques font qu'ils sont parfaitement adaptés à la détection du degré de vibration présent dans un dispositif ou un objet. Les capteurs de vibration à fibres optiques peuvent utiliser des mécanismes de détection Doppler, basés sur le spectre optique (par exemple un réseau de Bragg à fibres), ou des mécanismes de détection basés sur l'intensité ou la phase. Les revêtements piézo-électriques des fibres peuvent être utilisés dans un schéma de détection basé sur l'intensité; une autre technique consiste à faire intervenir une masse d'épreuve réfléchissante, formant une partie d'une cavité Fabry-Pérot.

### **A.7.3 Couple**

Un capteur de couple à fibres optiques peut utiliser la contrainte comme schéma de détection.

### **A.7.4 Poids**

La détection des forces peut se faire par une modification de l'affaiblissement due à des pertes par micro-courbures ou des modifications de l'absorption. On peut aussi utiliser les variations modales ou spectrales.

## **A.8 Force par surface**

### **A.8.1 Acoustique**

Des capteurs acoustiques à fibres optiques, développés au cours de ces dernières années, sont utilisés comme hydrophones pour la détection sonore sous-marine. Ces dispositifs sont basés sur des interféromètres à fibres optiques. Les ondes sonores frappent une bobine de l'une des deux fibres parallèles de l'interféromètre, ce qui va moduler légèrement la longueur de la fibre sensible. Cela a pour effet un décalage modulé de la phase du rayonnement lumineux dans la fibre sensible relativement à la fibre de référence. La modulation de phase peut être détectée par diverses techniques hétérodynes ou homodynes permettant de reconstruire la forme d'onde sonore.

### **A.8.2 Pression**

Un capteur de pression à fibres optiques classique, pour la mesure de la pression d'un gaz ou d'un liquide à l'intérieur d'un récipient, peut être composé d'un diaphragme de réflexion dont

un côté est en contact avec le fluide à mesurer. Une fibre optique (ou un faisceau de fibres) transporte le rayonnement lumineux vers le diaphragme et à partir du diaphragme, qui dévie ou se déforme physiquement lorsque la pression du fluide se modifie. Cette déflexion modifie la réflexion renvoyée dans la ligne de fibre vers le récepteur optique.

Un capteur de pression physique peut comporter une fibre optique unique maintenue par une paire de «mâchoires» à action mécanique directe, en un ou plusieurs endroits sur sa longueur. Une pression physique qui s'applique sur les mâchoires peut suffisamment courber la fibre mécaniquement pour créer des affaiblissements par micro-courbures, réduisant la transmission de la fibre. Cela se manifeste par une baisse d'intensité du rayonnement lumineux au niveau du récepteur optique. Une autre méthode consiste à utiliser un capteur polarimétrique via l'effet élasto-optique. Ces capteurs peuvent être placés sous un paillason comme avertisseurs d'effraction. Ils peuvent également servir d'indicateurs de contact physique ou de pression de serrage pour les doigts des robots.

## A.9 Déformation

Un capteur de déformation à fibres optiques mesure une variation finie de la longueur d'un matériau ou d'un composant de structure, résultant d'une traction ou d'une compression. Les capteurs de déformation à fibres optiques sont fondés sur différents principes de transduction en fonction des informations de mesure que le capteur doit collecter, par exemple des variations locales de déformation ou des variations réparties de déformation, ou la dépendance au temps attendue du signal de mesure: déformation statique, déformation dynamique, oscillations des déformations, détection des ondes de déformations acoustiques.

Les principes courants de la transduction sont:

- mesure des variations d'intensité du rayonnement lumineux transmis, par exemple capteur de micro-courbures,
- mesure des variations de phase et des variations de longueur d'onde (par exemple les capteurs de Fabry-Pérot, les capteurs de diffusion de Rayleigh, ou les capteurs à réseaux de Bragg à fibres),
- mesure de temps de vol, par exemple les capteurs distribués en continu basés sur un OFDR ou les capteurs à points multiples basés sur un OTDR,
- mesure des variations d'absorption, par exemple, des zones de capteurs sensibles aux déformations partielles ou aux produits chimiques,
- utilisation des effets polarimétriques dans des fibres, par exemple les capteurs de pression ou de courbure,
- mesure des variations non linéaires d'un signal optique, par exemple les capteurs basés sur la diffusion de Brillouin ou Raman.

Un capteur de déformation à fibres optiques souvent utilisé est basé sur un réseau de Bragg à fibres (FBG) créé dans une longueur de fibre unimodale intégrée dans ou attachée sur l'objet à surveiller. La longueur d'onde caractéristique d'un réseau de Bragg à fibres, généralement mesurée en mode réfléchissant, varie proportionnellement à la déformation d'une fibre. Le facteur exact de proportionnalité entre une déformation et la longueur d'onde est influencé par un coefficient élasto-optique de la fibre utilisée. Les capteurs à réseaux de Bragg à fibres sont simultanément sensibles aux variations de température qui doivent être prises en compte. Les capteurs à réseaux de Bragg à fibres sont attachés à la surface des composants de la structure ou intégrés dans des matériaux homogènes ou en couches, par exemple pour déterminer l'étendue de la fatigue de la structure. Les capteurs à réseaux de Bragg à fibres sont utilisés pour des fréquences pouvant atteindre des centaines de kHz.

Des mesures de déformation de haute précision sont effectuées à l'aide de capteurs interférométriques. On utilise de préférence des capteurs interférométriques de Fabry-Pérot (FPI) ou de Michelson. Les capteurs interférométriques sont également utilisés pour des fréquences pouvant atteindre la gamme des centaines de kHz, par exemple pour la mesure des signaux d'ondes acoustiques.

NOTE Pour mesurer des déformations dans des matériaux fortement élastiques ou à durcissement complet (par exemple de la résine époxyde, du mortier ou du béton), la rigidité du capteur à fibres optiques ne doit pas être à l'origine de déformation dans la zone de mesure. Dans de tels cas, on peut utiliser un capteur FPI extrinsèque flexible de conception spéciale.

Des capteurs basés sur l'intensité sont de préférence conçus pour les mesures de déformation statique ou dynamique à court terme en raison de la perte possible de la référence à la valeur de mesure initiale (importance de la référence du point zéro pour les mesures à long terme).

Des techniques de balayage sur la diffusion de Brillouin spontanée ou stimulée sont sensibles à la température et aux déformations. Une impulsion laser est injectée dans la fibre et le décalage de fréquence du rayonnement lumineux rétrodiffusé causé par une diffusion de Brillouin spontanée ou stimulée (décalage de fréquence de Brillouin) est enregistré en fonction de la déformation ou de la température. En raison de leur plus forte sensibilité aux déformations, on préfère utiliser ces techniques pour mesurer les déformations le long de fibres optiques très longues (capteurs de déformation répartis). Toutefois, leur sensibilité transverse à la température peut être exploitée pour les mesures combinées de déformations et de température réparties, mais elle doit toujours être prise en considération lorsque seule des déformations sont mesurées.

La technique d'observation par OFDR, basée sur l'interférométrie à balayage en longueur d'onde, est sensible à la température et à la déformation. Une source laser à balayage et un réseau optique à OFDR peuvent être utilisés pour mesurer les décalages du spectre dans la rétrodiffusion de Rayleigh en fonction de la longueur pour les fibres de télécommunication de catégorie standard. Comme pour les FBGs, la réponse spectrale de la fibre se décale proportionnellement à la déformation ou à la température appliquée. Les fibres de télécommunication standard sont fixées aux surfaces ou intégrées dans des matériaux homogènes ou en couches. L'observation par OFDR de la diffusion de Rayleigh donne une résolution spatiale millimétrique sur des dizaines de centaines de mètres de fibre standard.

## **A.10 Grandeurs électromagnétiques**

### **A.10.1 Champ magnétique**

Des capteurs à fibres optiques peuvent être conçus pour mesurer des champs magnétiques en utilisant différents effets. L'effet Faraday est un mécanisme direct de biréfringence circulaire induite par un champ magnétique, souvent décrite comme une rotation du plan de polarisation d'une onde polarisée linéairement. L'effet Faraday peut être obtenu avec de la fibre unimodale ou des matériaux massifs. Généralement utilisé dans des configurations polarimétriques, il peut aussi être utilisé dans des configurations interférométriques.

L'utilisation de l'effet magnétostrictif, dans un matériau attaché à une fibre unimodale, constitue une approche indirecte et intrinsèque des capteurs de champ magnétique. Grâce à l'effet élasto-optique, la contrainte induite magnétiquement provoque une modification des caractéristiques de propagation de la fibre qui peut être détectée, généralement par interférométrie.

### **A.10.2 Courant électrique**

Les capteurs de courant à fibres optiques reposent généralement sur l'effet Faraday, dans une fibre unimodale ou en optique de volume. On peut également utiliser la technique de l'effet magnétostrictif; la nature de ces capteurs est soit interférométrique (phase), soit polarimétrique. Les avantages que présentent ces capteurs sont liés à leur masse faible, à l'isolation électrique et à l'absence d'interconnexion directe avec le conducteur électrique primaire. Une utilisation courante d'un capteur de courant à fibres optiques vise à fournir un moyen de contrôle sûr des niveaux de courant dans les lignes à haute tension.

### **A.10.3 Champ électrique**

Le verre est dépourvu d'effets électro-optiques linéaires; seuls interviennent l'effet quadratique (Kerr), qui est faible et, en principe, des effets d'ordre supérieur. Les capteurs de champ électrique à fibres optiques s'appuient généralement sur une approche extrinsèque ou une approche intrinsèque indirecte. Les capteurs extrinsèques reposent généralement sur l'effet Pockels dans un matériau cristallin. L'effet Pockels, biréfringence linéaire induite par un champ électrique, est détecté à l'aide de techniques polarimétriques ou interférométriques. Des capteurs utilisant l'effet Pockels dans des configurations optiques de volume et des configurations optiques intégrées ont fait l'objet de démonstrations.

Un capteur de champ électrique indirect intrinsèque peut être conçu pour induire, à l'aide d'un effet piézo-électrique, une contrainte dépendant du champ électrique dans une fibre optique. Cette contrainte provoque une modification de la constante de propagation de la fibre qui peut être détectée, généralement par interférométrie.

### **A.10.4 Tension**

Dans un capteur basé sur l'effet Pockels, les électrodes peuvent être appliquées sur les côtés du cristal électro-optique.

### **A.10.5 Rayonnement électromagnétique**

Un capteur de rayonnement micro-ondes peut être conçu à l'aide d'une contrainte dans une fibre optique induite par une élévation de la température dans un revêtement de fibre sensible au rayonnement micro-ondes. Des résonateurs ou des interféromètres à fibres optiques peuvent également être utilisés pour analyser le spectre du rayonnement lumineux.

## **A.11 Rayonnement nucléaire et ionisant**

Le rayonnement électromagnétique à haute énergie peut produire à la fois un affaiblissement et une fluorescence dans le verre et dans d'autres matériaux. L'affaiblissement induit est généralement associé à un type de défaut particulier connu sous le nom de centre coloré, qui absorbe les rayonnements dans des régions spécifiques du spectre visible et proche de l'infrarouge. A un certain niveau, l'affaiblissement est transitoire. Dans d'autres cas, il est permanent, fournissant ainsi la possibilité d'avoir des capteurs de dose totale.

L'émission spontanée à partir de niveaux d'énergie atomique et moléculaire excités par le rayonnement incident, est une source de fluorescence. Le rayonnement de Cerenkov est une autre source lumineuse; il se produit lorsque des photons à haute énergie diffusent des électrons à l'intérieur d'un matériau optique. Si la vitesse de ces électrons (Compton) dépasse la vitesse de phase du rayonnement lumineux dans le matériau, un rayonnement à large bande en résulte. Les fibres à scintillation constituent une classe importante de détecteurs hadroniques pour la physique des particules à haute énergie. Les capteurs de fluorescence fournissent un moyen de mesure du débit de dose (puissance) plutôt que de la dose (énergie).

## **A.12 Autres propriétés physiques des matériaux**

### **A.12.1 Indice de réfraction des matériaux**

Un capteur d'indice de réfraction à fibres optiques peut être composé d'un interféromètre miniaturisé de type Fabry-Pérot inséré entre deux éléments de fibre, du fluide s'écoulant à travers la cavité optique.

### **A.12.2 Densité**

La masse volumique d'une matière à particules peut être déterminée par la quantité de lumière émise ou réfléchi sur l'aire de mesure. La mesure optique de la densité peut être effectuée à l'aide de techniques simples basées sur l'intensité.

### **A.12.3 Viscosité**

La viscosité est une indication de la résistance à l'écoulement d'un fluide donné. La contrainte tangentielle dans le sens de l'écoulement du fluide peut être déterminée en tirant profit des propriétés d'une fibre optique, liées à la contrainte, ou plus simplement en détectant une variation au niveau de l'indice de réfraction ou de la diffusion dans un fluide.

### **A.12.4 Dommage**

Des pertes excessives peuvent être induites dans une fibre sensible au dommage qui sont aggravées en un point de sa longueur si un élément de soutien se dégrade; la réflectométrie optique temporelle peut servir à localiser le défaut dans la structure.

## **A.13 Composition et grandeurs chimiques spécifiques**

### **A.13.1 Chimique**

La présence/détection chimique, la concentration, l'identification et la surveillance de cuisson des adhésifs font partie des nombreuses applications de capteurs chimiques. Prenons comme exemple de capteur chimique une longueur de fibre optique dont le revêtement d'une extrémité comporte un matériau fluorescent. La fluorescence peut être excitée par le rayonnement lumineux transmis le long de la fibre ou par le rayonnement lumineux provenant d'une source externe. Une partie de la fluorescence émise sera capturée dans la fibre et retournera vers un détecteur à l'autre extrémité de la fibre. Si la fluorescence du matériau est arrêtée ou bloquée, par exemple par un changement d'acidité de la solution environnante (mesurée par la concentration d'ions H<sup>+</sup> exprimée en tant que pH), ce dispositif fonctionnera alors comme un indicateur ou un capteur de pH.

On peut utiliser d'autres capteurs chimiques à fibres optiques comme de simples "tubes lumineux" transportant le rayonnement lumineux d'un échantillon vers un spectromètre optique, pour analyse. Des types plus évolués utilisent les phénomènes de surface plasmon-polariton, afin d'évaluer la composition sur une interface métal-diélectrique, excitée par une onde guidée couplée. L'analyse de combustion, la détection de gaz toxiques, l'humidité relative, l'environnement, l'agriculture et les biocapteurs sont des champs d'intérêt supplémentaires pour les capteurs chimiques à fibres optiques.

## **A.14 Particules**

### **A.14.1 Nombre**

Ce comptage peut être effectué par simple interruption, par diffusion et par d'autres techniques.

### **A.14.2 Atomique**

Une combinaison de capteurs à fibres optiques mentionnés en A.13.1 et A.10.5 peut être utilisée.

### **A.14.3 Turbidité**

La turbidité peut être détectée par des techniques de captage par réflexion. L'intensité du rayonnement lumineux réfléchi dans un système de capteur à fibres optiques se modifie en fonction de l'accroissement du niveau de turbidité d'un fluide.

## **A.15 Répartition spatiale**

### **A.15.1 Point unique**

Capteur de niveau de liquide qui couple le rayonnement lumineux d'une fibre à une autre lorsque le capteur entre en contact avec l'air; capteur de champ électrique utilisant un changement d'état de polarisation dans une cellule Pockels, etc.

### **A.15.2 Point multiple**

Capteur de température basé sur des sections courtes de fibres dopées au néodyme, à absorption dépendante de la température, épissurées en différents endroits le long d'une fibre de transmission, interrogé par une technique de réflectométrie optique temporelle, etc.

Capteurs de température ou de déformation basés sur des réseaux de fibres de Bragg de longueurs d'onde différentes disposés le long de la fibre, et observés par relevé spectral.

### **A.15.3 Intégration**

Capteur de pression acoustique Mach-Zehnder qui intègre un décalage de phase dû à la pression le long d'une ligne de fibre longue de plusieurs mètres; fibre sensible à l'endommagement, qui sont détériorées en un point de sa longueur ce qui provoque l'arrêt de la transmission, si un élément structurel de soutien se dégrade, etc.

### **A.15.4 Réparti**

Capteur de pression mesurant les pertes induites par des micro-courbures de manière continue sur une longueur de fibre, combiné avec une lecture par réflectométrie optique dans le domaine temporel; thermomètre utilisant le rapport Stokes à anti-Stokes du rayonnement lumineux à diffusion de Raman de manière continue le long d'une fibre, combiné avec une lecture par réflectométrie optique dans le domaine temporel, un capteur de déformation et/ou de température basé sur la diffusion de Brillouin, etc. Avec un système de lecture approprié, l'analyse des signaux peut également être réalisée dans le domaine fréquentiel au lieu du domaine temporel.

## Bibliographie

CEI 60654-4, *Conditions de fonctionnement pour les matériels de mesure et commande dans les processus industriels – Quatrième partie: Influences de la corrosion et de l'érosion*

CEI 60721-1, *Classification des conditions d'environnement – Partie 1: Agents d'environnement et leurs sévérités*

ISO/IEC TR 29106, *Information technology – Generic cabling – Introduction to the MICE environmental classification* (disponible uniquement en anglais)

---



INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
Fax: + 41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)