

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Fibre optic sensors –

Part 1-2: Strain measurement – Distributed sensing based on Brillouin scattering

Capteurs fibroniques –

Partie 1-2: Mesure de déformation – Détection répartie basée sur la diffusion de Brillouin

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61757-1-2:2023



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Fibre optic sensors –

Part 1-2: Strain measurement – Distributed sensing based on Brillouin scattering

Capteurs fibroniques –

Partie 1-2: Mesure de déformation – Détection répartie basée sur la diffusion de Brillouin

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.180.99

ISBN 978-2-8322-7396-8

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.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms, definitions, abbreviated terms and symbols.....	6
3.1 Terms and definitions.....	6
3.2 Abbreviated terms.....	10
3.3 Symbols.....	11
4 General test setups for measurement of performance parameters	11
4.1 General and test setup requirements	11
4.2 General documentation requirements.....	16
5 Measurement procedures for performance parameters	16
5.1 Strain measurement error	16
5.1.1 Test procedure and conditions.....	16
5.1.2 Parameter calculation and reporting	17
5.2 Spatial resolution	17
5.2.1 Test procedure and conditions.....	17
5.2.2 Parameter calculation and reporting	18
5.3 Strain repeatability.....	18
5.3.1 Test procedure and conditions.....	18
5.3.2 Parameter calculation and reporting	18
5.4 Spatial strain uncertainty	19
5.4.1 Test procedure and conditions.....	19
5.4.2 Parameter calculation and reporting	19
5.5 Warm-up time	20
5.5.1 Test procedure and conditions.....	20
5.5.2 Parameter calculation and reporting	20
5.6 System performance with altered attenuation.....	20
5.6.1 General	20
5.6.2 At distance measurement range	21
5.6.3 At short distance with high loss.....	22
Bibliography.....	24
Figure 1 – Optical fibre strain profile and related strain sample points.....	8
Figure 2 – General test setup for single-ended configuration	12
Figure 3 – General test setup for loop configuration.....	13
Figure 4 – Measured versus applied strain (typical curve).....	15
Figure 5 – Brillouin frequency shift as a function of elongation of a standard telecommunication fibre	15
Figure 6 – Performance evaluation at distance measurement range.....	21
Figure 7 – Performance evaluation at short distance with high loss.....	22

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIBRE OPTIC SENSORS –

**Part 1-2: Strain measurement –
Distributed sensing based on Brillouin scattering**

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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 61757-1-2 has been prepared by subcommittee 86C: Fibre optic systems and active devices, of IEC technical committee 86: Fibre optics. It is an International Standard.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
86C/1857/CDV	86C/1872/RVC

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all 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 document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61757-1-2:2023

INTRODUCTION

This document is part of the IEC 61757 series, which is dedicated to fibre optic sensors. Generic specifications for fibre optic sensors are defined in IEC 61757.

The individual parts of the IEC 61757 series are numbered as IEC 61757-*M-T*, where *M* denotes the measure and *T* the technology of the fibre optic sensor. The IEC 61757-1-*T* series is concerned with strain measurements.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61757-1-2:2023

FIBRE OPTIC SENSORS –

Part 1-2: Strain measurement – Distributed sensing based on Brillouin scattering

1 Scope

This part of IEC 61757 defines detailed specifications for distributed strain measurements with a fibre optic sensor, also known as "fibre optic distributed strain sensing". It is applicable to distributed strain sensing systems (DSS) based on spontaneous or stimulated Brillouin scattering in the optical fibre sensor (strain sensitive element), that is, to sensors capable of measuring absolute strain.

This document specifies the most important DSS performance parameters and defines the procedures for their determination.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 61757:2018, *Fibre optic sensors – Generic specification*

IEC 61757-2-2:2016, *Fibre optic sensors – Part 2-2: Temperature measurement – Distributed sensing*

IEC 61757-3-2:2022, *Fibre optic sensors – Part 3-2: Acoustic sensing and vibration measurement – Distributed sensing*

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

3 Terms, definitions, abbreviated terms and symbols

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61757, IEC 61757-2-2, IEC 61757-3-2, and the following apply.

ISO and IEC maintain terminology databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

NOTE For the following definitions, the relevant test procedures and parameters are defined in Clause 4.

3.1.1

distributed fibre optic strain sensing system

DSS

measurement set-up consisting of a distributed fibre optic sensor connected to an interrogation unit, including processor, data archive, and user interface, which provides a spatially resolved strain measurement

[SOURCE: IEC 61757-3-2:2022, 3.1.2, modified – adapted to distributed strain measurement]

3.1.2

distance measurement range

maximum distance from the DSS interrogation unit output connector along the fibre optic sensor within which the DSS measures strain with specified measurement performance under defined conditions

Note 1 to entry: Defined conditions are spatial resolution (3.1.8), spatial strain uncertainty (3.1.9) and measurement time (3.1.5).

Note 2 to entry: This supporting parameter is closely related to the total accumulated optical loss (one way) tolerated by the interrogation unit without affecting specified measurement performance. In test cases used to prove or verify the reported specifications, the total fibre length shall be equal to or greater than the specified distance measurement range, for the tolerated total accumulated optical loss.

Note 3 to entry: The distance measurement range is usually expressed in km.

Note 4 to entry: For fibre loop configurations, the distance measurement range is given by half the fibre length between the output and input connector of the interrogation unit.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.2, and ISO/IEC Guide 99:2007, 4.7, modified – adapted to distributed strain measurement]

3.1.3

strained spot

ΔL

length of fibre optic sensor that experiences a small elongation (δL), which causes strain that is significantly bigger than the strain repeatability of the interrogation unit and which is confirmed by a reference strain measurement

Note 1 to entry: The applied strain ε is equal to $(\delta L/\Delta L)$.

Note 2 to entry: It is useful to define strain in $\mu\varepsilon$, where 1 $\mu\varepsilon$ corresponds to a δL of 1 μm over a ΔL of 1 m.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.6, modified – adapted to distributed strain measurement]

3.1.4

location

L

optical distance from the DSS interrogation unit output connector to a desired strain sample point along the fibre optic sensor

Note 1 to entry: The farthest location from the DSS interrogation unit output connector for the particular test is quantified as $L_{F, \text{long}}$ km and is often chosen to be the same as the distance measurement range for purposes of comparing the measurement results with quoted specifications.

Note 2 to entry: The location is usually expressed in km.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.7, modified – adapted to distributed strain measurement]

3.1.5

measurement time

time between independent strain measurements when making successive measurements on a single fibre optic sensor

Note 1 to entry: Equivalently, it is the time interval between successive strain trace timestamps under these conditions.

Note 2 to entry: This parameter includes acquisition time and processing time for the measured data. This parameter is typically selectable by the user in some limited fashion. Multiple independent strain measurements may be averaged together to provide an overall measurement time.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.8, modified – adapted to distributed strain measurement]

3.1.6

point defect

local deviation of a fibre optic sensor from its nominal optical and mechanical properties occurring at a single location, or over a length substantially less than the DSS spatial resolution

Note 1 to entry: The definition of a point defect encompasses a wide range of situations, which can produce similar effects on the strain trace. Examples include

- a point loss, like a bad fibre splice,
- a back reflection (or return loss), as can be introduced by a fibre connector,
- a localized region of high loss, such as a bend or kink in the fibre, and
- a physical discontinuity in the fibre, like a splice between two fibres of different core diameters.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.9, modified – adapted to distributed strain measurement]

3.1.7

sample spacing

distance between two consecutive strain sample points in a single strain trace

Note 1 to entry: Sample spacing can be a user-selectable parameter in the interrogation unit.

Note 2 to entry: The sample spacing is usually expressed in m.

Note 3 to entry: See Figure 1.

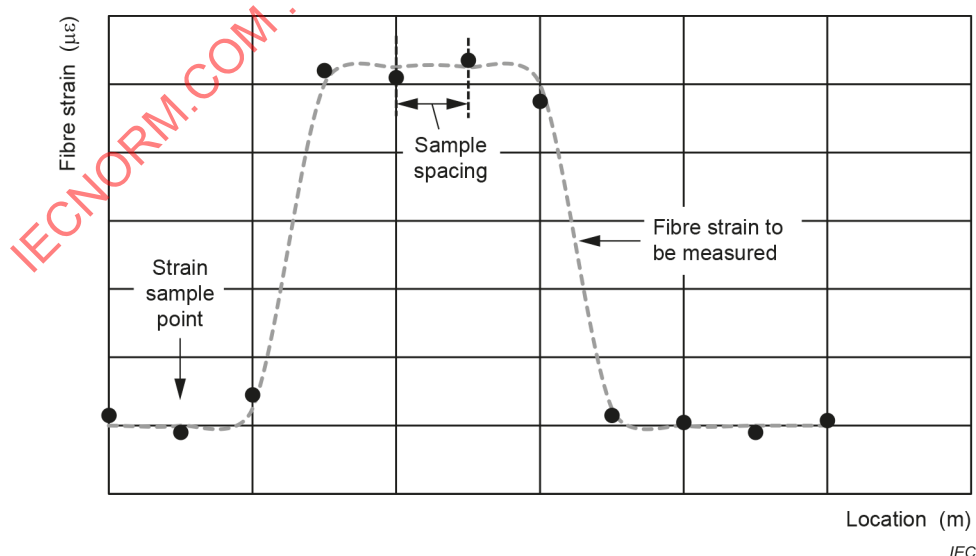


Figure 1 – Optical fibre strain profile and related strain sample points

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.11, modified – adapted to distributed strain measurement]

3.1.8

spatial resolution

smallest length of strain-affected fibre optic sensor for which a DSS can measure and confirm the reference strain of a defined strained spot within the specified strain measurement error of the DSS

Note 1 to entry: The spatial resolution is usually expressed in m.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.12, modified – adapted to distributed strain measurement]

3.1.9

spatial strain uncertainty

uncertainty of the location of strain data in a single strain trace, expressed by twice the standard deviation of a specified number of adjacent strain sample points, with the fibre optic sensor held at constant strain and temperature

Note 1 to entry: Due to a potential cross-sensitivity of DSS to temperature, it can be necessary to stabilize the temperature of the fibre optic sensor.

Note 2 to entry: The spatial strain uncertainty is usually expressed in units of $\mu\epsilon$ and noted as a tolerance (e.g. $\pm xx \mu\epsilon$), where 1 $\mu\epsilon$ corresponds to a δL of 1 μm over a ΔL of 1 m.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.13, modified – adapted to distributed strain measurement]

3.1.10

strain dead zone

limited zone of a strain trace, where the strain sample points deviate from the undisturbed parts of the trace by a specified limit due to a point defect

Note 1 to entry: The strain dead zone is usually expressed in m.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.14, modified – adapted to distributed strain measurement]

3.1.11

strain measurement error

maximum difference between a centred and uniformly weighted moving average of the measured strain and a reference strain for all data points of the fibre optic sensor over the full operating temperature range and all acquisition times

Note 1 to entry: Single value (worst case) is expressed like a tolerance in units of $\mu\epsilon$ (e.g. $\pm xx \mu\epsilon$).

Note 2 to entry: The number of elements used for the moving average is defined later in the document. In practical applications, other methods of smoothing might be applicable.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.15, modified – adapted to distributed strain measurement]

3.1.12

strain repeatability

precision of strain data based on repeated strain traces at a given location expressed by twice the standard deviation of corresponding strain sample points in each strain trace, with the fibre optic sensor held at constant strain and temperature

Note 1 to entry: The strain repeatability is expressed like a tolerance in units of $\mu\epsilon$ (e.g. $\pm xx \mu\epsilon$).

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.16, modified – adapted to distributed strain measurement]

3.1.13

strain sample point

measured strain value associated with a single point at a known location along a fibre optic sensor

Note 1 to entry: Due to signal averaging effects, the measured value represents the strain along a very small section of the fibre optic sensor that includes the strain sample point.

Note 2 to entry: See Figure 1.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.17, modified – adapted to distributed strain measurement]

3.1.14

strain trace

set of strain sample points distributed along a fibre optic sensor and spaced by the sample spacing

Note 1 to entry: All sample points are associated with a common time of measurement, often called "trace timestamp". The measured values represent the strain during a time period that includes the timestamp.

Note 2 to entry: All sample points in a strain trace are measured values produced by the DSS, and not interpolated or smoothed values produced by subsequent processing outside the interrogation unit.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.18, modified – adapted to distributed strain measurement]

3.1.15

total fibre length

$L_{F,tot}$

distance from the DSS interrogation unit output connector to the final end of the fibre optic sensor

Note 1 to entry: The final end of the fibre optic sensor can be either a purposely cut or terminated end of the fibre, physically located far from the interrogation unit (in a single-ended configuration), or the end of a loop consisting of a connector that is connected to the same interrogation unit (in a loop configuration).

Note 2 to entry: This parameter is either equal to or greater than the distance measurement range and usually expressed in km.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.19, modified – adapted to distributed strain measurement]

3.1.16

warm-up time

duration between the instant after which the power supply of the DSS interrogation unit is energized and the instant when the interrogation unit may be used as specified by the manufacturer

Note 1 to entry: Warm-up time is usually expressed in seconds or minutes.

Note 2 to entry: The warm-up time helps to upload software and to stabilize operating temperatures of optical and electronic components.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-03-18, modified – adapted to distributed strain measurement]

3.2 Abbreviated terms

DSS	distributed fibre optic strain sensing system
FAT	factory acceptance test
LVDT	linear variable differential transformer
VOA	variable optical attenuator

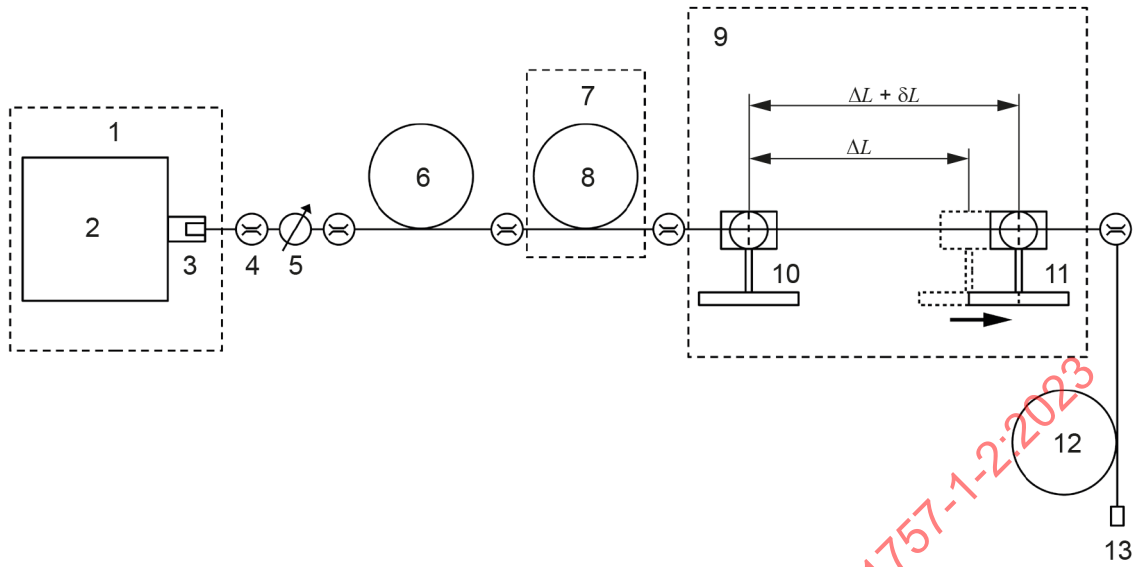
3.3 Symbols

A	cross-sectional area
E	Young's modulus
F	force
L	optical distance from the output connector to a desired strain sample point
$L_{F,opt}, L_{F,short}$	fibre lengths
$L_{F,loop}, L_{F,long}$	fibre lengths
$L_{F,tot}$	total fibre length
ΔL	length of fibre optic sensor to be strained (strained spot)
δL	small change in length of ΔL
N, n	number of traces, number of data points
S	standard deviation
T	temperature
$T_{low}, T_{op}, T_{high}$	minimum, typical, and maximum DSS operating temperature
T_{STC}	ambient operating temperature of the strain test section
ε	strain
ε_{rep}	strain repeatability
ε_{unc}	spatial strain uncertainty
σ	stress

4 General test setups for measurement of performance parameters

4.1 General and test setup requirements

General test setups for single-ended and loop configurations are schematically shown in Figure 2 and Figure 3, respectively. The aim of these setups is to provide a common base for determining the measurement specifications while at the same time minimizing complexity, cost, reconfiguration requirements, and test execution time. Temperature stabilisation is used to avoid crosstalk from temperature.

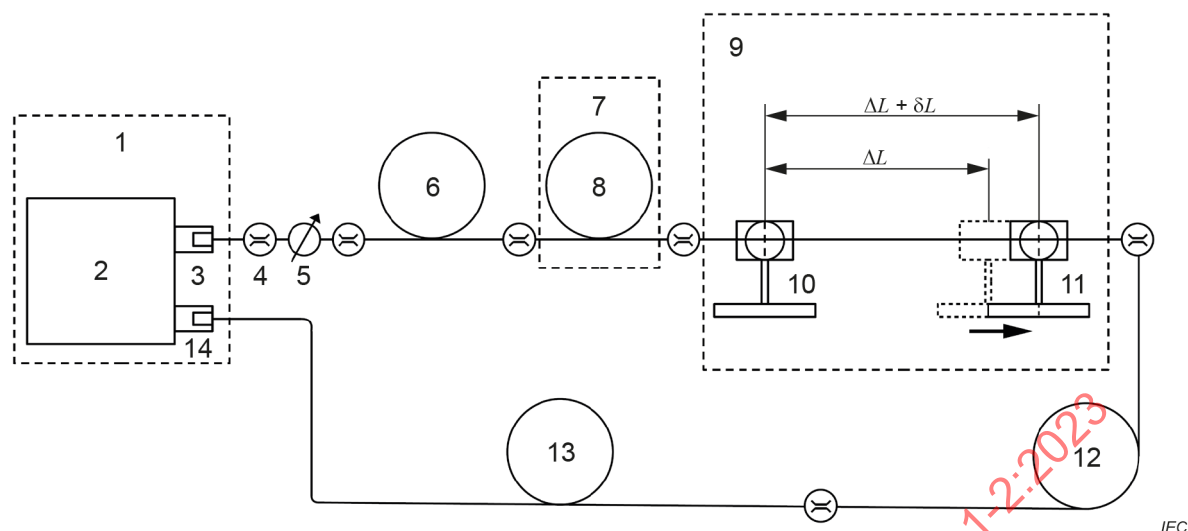


IEC

Key

- 1 temperature-controlled encasement (e.g. temperature chamber)
- 2 DSS interrogation unit
- 3 DSS interrogation unit output connector
- 4 fibre fusion splice
- 5 optional variable optical attenuator
- 6 optional long fibre length $L_{F,opt}$ (normal spool)
- 7 temperature-controlled environment for stable ambient conditions
- 8 long fibre length $L_{F,long}$ (loose and strain free wound)
- 9 strain test section with temperature-controlled environment for stable ambient conditions
- 10 fixed fibre clamping unit
- 11 movable fibre clamping unit
- 12 short fibre length $L_{F,short}$ (loose wound), longer than 5 times the spatial resolution
- 13 fibre termination

Figure 2 – General test setup for single-ended configuration

**Key**

- 1 temperature-controlled encasement (e.g. temperature chamber)
- 2 DSS interrogation unit
- 3 DSS interrogation unit output connector
- 4 fibre fusion splice
- 5 optional variable optical attenuator
- 6 optional long fibre length $L_{F,opt}$ (normal spool)
- 7 temperature-controlled environment for stable ambient conditions
- 8 long fibre length $L_{F,long}$ (loose and strain free wound)
- 9 strain test section with temperature-controlled environment for stable ambient conditions
- 10 fixed fibre clamping unit
- 11 movable fibre clamping unit
- 12 long fibre length $L_{F,short}$ (loose wound), longer than 5 times the spatial resolution
- 13 long fibre length $L_{F,loop}$ (normal spool), with $L_{F,loop} > (L_{F,opt} + L_{F,long} + \Delta L + L_{F,short})$
- 14 DSS interrogation unit input connector

Figure 3 – General test setup for loop configuration

The temperature-controlled encasement containing the DSS interrogation unit shall provide a steady temperature, for an extended period of time, within the temperature operating range ($T_{low} \leq T_{op} \leq T_{high}$) of the device under test. It is recommended to use commercial off-the-shelf temperature chambers for determining the performance parameters. Minimum requirements for such a device are:

- minimum and maximum temperature shall exceed the minimal and maximal operating temperature of the interrogation unit under test;
- temperature variation in time (steady state): less than ($\pm 0,5$ °C);
- temperature homogeneity in volume: less than ($\pm 1,5$ °C).

For the optical power adjustment, a calibrated optical attenuator or an optical attenuator that can be self-calibrated shall be used. Recommendations for a variable optical attenuator are:

- calibrated for the wavelength of operation (or self-calibrated with a power meter);
- variable attenuation range from 2 dB to 6 dB;
- resolution of attenuation setting as needed, assumed to be accurate within 0,1 dB.

It is also acceptable to use calibrated fixed attenuators. More information on fibre optic passive power control devices can be found in IEC 60869-1.

The strain test section shall reproducibly provide different levels of constant strain of the optical sensor fibre length ΔL . A commercially available single-mode fibre shall be used as the optical sensor fibre. The fibre strain shall be monitored and measured with suitable measuring instruments. Suitable measuring instruments are, for example, a laser interferometric length measuring system or a linear variable differential transformer (LVDT) to determine the fibre elongation. If Young's modulus of the fibre is known, a force transducer may be used to measure the pulling force, from which the strain can be calculated using Formula (1). No interfering influences (for example, due to high compressive load or slipping) on the strain measurement shall be caused by fibre clamping. Minimum requirements for the strain test section are:

- minimum length of fibre optic sensor ΔL to be strained: $\Delta L > (3 \times \text{spatial resolution})$;
- fibre strain to be obtained: $0,3 \% \leq \varepsilon \leq 1 \%$.

NOTE When determining the performance of the DSS interrogation unit with a dedicated sensor cable, one can first determine the DSS performance with a regular single-mode fibre and then repeat the measurement with the sensor cable instead of the regular single-mode fibre.

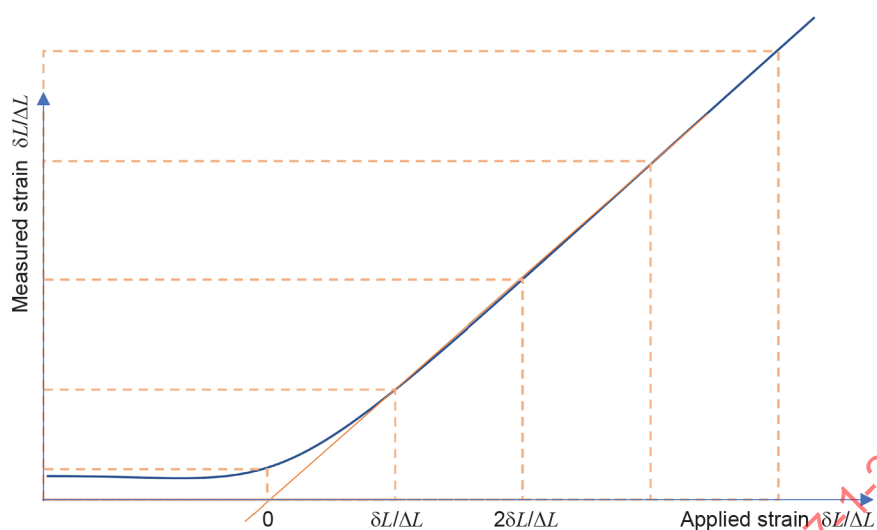
For strain measurements at relatively long distances $L_{F,\text{tot}}$ (e.g. 50 km), the spatial resolution can be in the order of several meters (e.g. 2 m to 3 m), so that the strain test section would have to be fairly long (e.g. 6 m to 9 m). In such cases, strain and repeatability measurements may be performed at different fibre lengths $L_{F,\text{long}}$, where the strain measurement is performed with a short fibre of less than 5 km length, and the repeatability is measured without externally applied strain at the original length $L_{F,\text{long}}$.

The strain test section and the entire fibre length of the sensor shall be operated at stable ambient conditions (recommended $T_{\text{STC}} = (23 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ and $(55 \pm 10) \% \text{ RH}$).

The sensing fibre of length $L_{F,\text{long}}$ or fibre sections of sufficient length shall be installed and operated without any permanent strain applied.

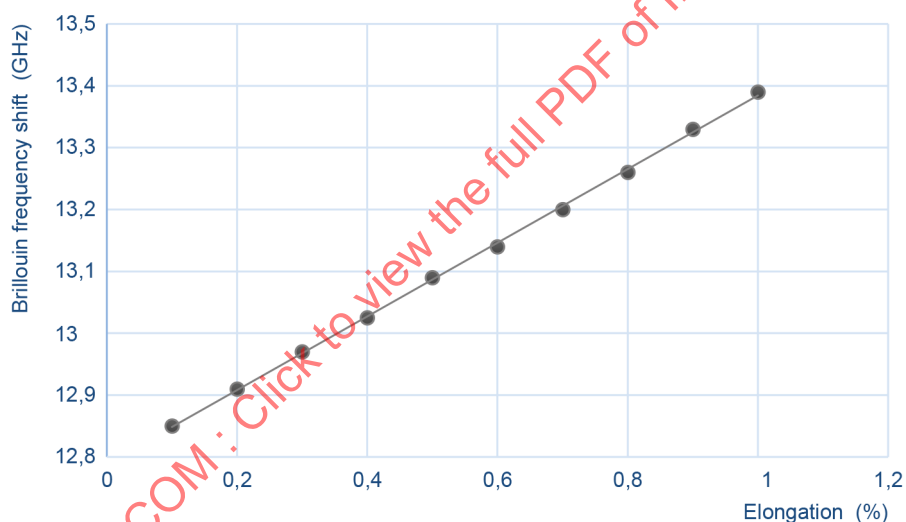
In a horizontal setup of the strain test section, the fibre weight can cause some sagging, which should be negligible (mainly less than the resolution of the interrogation unit). When strain is applied to the sagging fibre by increasing ΔL , the fibre first becomes straight with increasing displacement δL before the measured strain increases linearly with applied strain. Zero strain shall be defined by the intersection of a linear fit of the measured versus applied strain curve with the X-axis, as shown in Figure 4. The corresponding length ΔL_0 shall be used as a reference for strain calculation.

Figure 4 shows a typical curve of measured strain versus applied strain resulting from a combination of displacement and strain. When the measured strain is expressed in the physical quantity measured by the interrogation unit (for instance, the frequency shift in a Brillouin based system), the slope of the linear fit corresponds to the calibration coefficient of the interrogation unit, as shown in the example of Figure 5.



IEC

Figure 4 – Measured versus applied strain (typical curve)



IEC

Figure 5 – Brillouin frequency shift as a function of elongation of a standard telecommunication fibre

As an alternative to the horizontal setup of the strain test section, a vertical setup with several different weights can be used as the loading mechanism.

The fibre strain ε can be calculated from Formula (1).

$$\sigma = E \varepsilon = \frac{F}{A} \quad (1)$$

where

σ is the stress;

ε is the fibre strain;

E is Young's modulus of the fibre;

F is the force applied to the fibre by the weight (or the pulling force);

A is the cross-sectional area of the fibre.

The measurement uncertainty shall be estimated according to ISO/IEC Guide 98-3.

The DSS interrogator and any additional measuring equipment used (for example, temperature sensors, high resolution reference length measuring system, or VOA) shall be calibrated prior to testing in accordance with the manufacturer's recommendations, if they have no valid calibration.

4.2 General documentation requirements

The general required information to be documented is as follows:

- completion date of all testing;
- name of the organization executing the testing;
- names of the persons carrying out the tests;
- test setup configuration;
- strain test section configuration;
- operating mode of the DSS interrogation unit (single-ended or loop configuration as shown in Figure 2 and Figure 3, or channel(s) tested in case of a multi-channel system using the same hardware);
- wavelength(s) of the launched signals [operating wavelength(s)];
- manufacturer, model, and serial number of the DSS interrogation unit;
- manufacturer, model, and serial number of the VOA;
- manufacturer, model, and serial number of the high-resolution reference length measuring system (if applicable);
- manufacturer of the optical fibre and specified characteristics of the optical fibre;
- optical loss (one-way) of the optical setup to the end of $L_{F,short}$;
- wavelength used to measure the loss to the end of the sensor;
- distance measurement range of the DSS interrogation unit;
- sample spacing used for all measurements;
- spatial resolution setting used for all measurements;
- number of measurements and measurement time used during DSS calibration;
- lengths of fibres $L_{F,short}$, $L_{F,long}$, $L_{F,opt}$, and $L_{F,loop}$ (if applicable);
- length of strain test section ΔL ;
- strain level applied to sensor;
- maximum (T_{high}) and minimum (T_{low}) operating temperature limits of the DSS interrogation unit.

The required information for the tested DSS and the associated test setup shall be recorded along with the calculated measurement specifications.

5 Measurement procedures for performance parameters

5.1 Strain measurement error

5.1.1 Test procedure and conditions

The following steps shall be performed.

- a) Use a general test setup as described in 4.1 for the specific DSS interrogation unit configuration under test.

- b) Adjust the fibre length $L_{F, \text{long}}$, the length of strain test section ΔL , and the fibre length $L_{F, \text{opt}}$ as specified in 4.1 and quoted for the specific DSS to be tested.
- c) Place the DSS interrogation unit in a temperature chamber and stabilize the temperature at the designated operating temperature $T_{\text{op}} \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. The designated operating temperature shall be agreed upon by the manufacturer and the customer. Allow the unit sufficient time to warm up before performing the following steps, so as to reach thermal equilibrium with the environment in accordance with the manufacturer's recommendations (e.g. warm-up time).
- d) For a complete DSS interrogation unit type test or qualification, the use of a temperature chamber and measurements at different temperatures are mandatory. For a factory acceptance test (FAT) of a regularly manufactured DSS interrogation unit, it is possible to perform the test at a single temperature, possibly without the use of a temperature chamber.
- e) By means of the strain test section, apply 5 different strain levels, of which 4 strain levels shall be in the linear regime of the measured curve (see Figure 4 and Figure 5 for typical curves). Collect 10 strain traces for each measurement time (shortest, recommended, and longest) for each strain level.

5.1.2 Parameter calculation and reporting

The following steps shall be performed.

- a) Compute the average strain value over one spatial resolution around the centre of the strained section for all traces.
- b) Compute the absolute difference between the measured and applied strain.
- c) Report the maximum value of step b) as the strain measurement error. Estimation of measurement uncertainty shall be carried out according to ISO/IEC Guide 98-3.

5.2 Spatial resolution

5.2.1 Test procedure and conditions

The following steps shall be performed.

- a) Use a general test setup as described in 4.1 for the specific DSS interrogation unit configuration under test.
- b) Adjust fibre length $L_{F, \text{long}}$ and fibre length $L_{F, \text{opt}}$ as specified in 4.1 and quoted for the specific DSS to be tested. Replace the strain test section of length ΔL with a sequence of optical fibres of different length and Brillouin frequency, so as to simulate different lengths of a strained fibre. The following fibre lengths are recommended with a length tolerance of $\pm 10 \text{ mm}$: smallest spatial resolution specified by the manufacturer, 0,5 m, 1 m, 2 m, 3 m, and 5 m. A Brillouin frequency difference of at least 30 MHz is recommended for the individual fibre sections.
- c) Place the DSS interrogation unit in a temperature chamber and stabilize the temperature at the designated operating temperature $T_{\text{op}} \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. The designated operating temperature shall be agreed upon by the manufacturer and the customer. Allow the unit sufficient time to warm up before performing the following steps, so as to reach thermal equilibrium with the environment in accordance with the manufacturer's recommendations (e.g. warm-up time).
- d) For a complete DSS interrogation unit type test or qualification, the use of a temperature chamber and measurements at different temperatures are mandatory. For a factory acceptance test (FAT) of a regularly manufactured DSS interrogation unit, it is possible to perform the test at a single temperature, possibly without the use of a temperature chamber.
- e) The spatial resolution shall be evaluated by measuring the strain of the simulated different strained fibre sections. Spatial resolution is reached when the measured strain over at least one sample point is above 90 % of the measured strain of a much longer fibre length with the same Brillouin frequency. It is assumed that the sample spacing is not larger than half of the spatial resolution.

5.2.2 Parameter calculation and reporting

Report as spatial resolution the length of fibre for which the measured strain over at least one sample point is above 90 % of the measured strain of a much longer fibre length with the same Brillouin frequency.

5.3 Strain repeatability

5.3.1 Test procedure and conditions

The following steps shall be performed.

- Use a general test setup as described in 4.1 for the specific DSS interrogation unit configuration under test.
- Adjust the fibre length $L_{F, \text{long}}$, the length of strain test section ΔL , and the fibre length $L_{F, \text{opt}}$ as specified in 4.1 and quoted for the specific DSS to be tested.
- Place the DSS interrogation unit in a temperature chamber and stabilize the temperature within $\pm 0,5^\circ \text{C}$ at representative temperatures (T_1, T_2, T_3). The representative temperatures shall be agreed upon by the manufacturer and the customer. Allow the unit sufficient time to warm up before performing the following steps, so as to reach thermal equilibrium with the environment in accordance with the manufacturer's recommendations.
- For a complete DSS interrogation unit type test/qualification, the use of a temperature chamber and measurements at different temperatures are mandatory. For a factory acceptance test (FAT) of a regularly manufactured DSS interrogation unit, it is possible to perform the test at a single temperature, possibly without the use of a temperature chamber.
- Collect 10 consecutive strain traces with a quoted spatial resolution within strain free sections of the fibre of length $L_{F, \text{long}}$
 - for each measurement time (shortest time, recommended time, and longest possible time provided by the DSS interrogation unit), and
 - for the three representative fibre temperatures (T_1, T_2, T_3).

NOTE In this case, there is no need to apply strain to get information on the performance of the interrogation unit.

5.3.2 Parameter calculation and reporting

The performance data set comprises 9 data subsets for the pairs of measurement time and representative temperatures (T_1, T_2, T_3) specified in 5.3.1. Each subset is used to evaluate the strain repeatability over length. For calculation of the strain repeatability, the following steps shall be performed.

- Collect 10 consecutive traces for each data subset.
- Calculate twice the standard deviation $S_x(i)$ of strain for each sample point over time using Formula (2). Plot above calculated values versus distance.

$$S_x(i) = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N \left[\varepsilon_j(i) - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \varepsilon_k(i) \right]^2} \quad (2)$$

where

$\varepsilon_j(i)$ is the collected strain data at the i^{th} location of the j^{th} trace;

$S_x(i)$ is the standard deviation for each data point (i^{th} location within a trace) over time (N consecutive traces);

N is the number of traces ($N = 10$).

- c) Calculate a 51-point centred and uniformly weighted moving average value to determine the strain repeatability values for each location using Formula (3).

$$\varepsilon_{\text{rep}}(i) = \frac{1}{51} \sum_{k=i-25}^{i+25} 2S_x(k) \quad (3)$$

where

$\varepsilon_{\text{rep}}(i)$ is the local strain repeatability at the i^{th} location.

- d) Report the maximum value of the data set created in step c) as the DSS strain repeatability.

5.4 Spatial strain uncertainty

5.4.1 Test procedure and conditions

Steps a) to e) described in 5.3.1 shall be performed.

5.4.2 Parameter calculation and reporting

For calculation of the spatial strain uncertainty, the following steps shall be performed.

- a) Calculate twice the standard deviation over 51 points (centred and uniformly weighted) of collected strain data for each data point of a single strain trace using Formula (4).

$$S_j(i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{l=i-25}^{i+25} \left[\varepsilon_j(l) - \frac{1}{n} \sum_{k=i-25}^{i+25} \varepsilon_j(k) \right]^2} \quad (4)$$

where

$\varepsilon_j(i)$ is the collected strain data at the i^{th} location of the j^{th} trace;

$S_j(i)$ is the standard deviation over 51 points at the i^{th} location of the j^{th} trace;

n is the number of data points for calculation ($n = 51$).

- b) Calculate the spatial strain uncertainty by averaging the calculation result of step a) for 10 traces collected over time for each data point using Formula (5).

$$\varepsilon_{\text{unc}}(i) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N 2S_j(i) \quad (5)$$

where

$\varepsilon_{\text{unc}}(i)$ is the spatial strain uncertainty;

$S_j(i)$ is the standard deviation over 51 points at the i^{th} location of the j^{th} trace;

N is the number of traces ($N = 10$).

- c) Report the maximum value of the data set created in step b) as DSS spatial strain uncertainty.

5.5 Warm-up time

5.5.1 Test procedure and conditions

The following steps shall be performed.

- a) Use a general test setup as described in 4.1 for the specific DSS interrogation unit configuration under test.
- b) Adjust the fibre length $L_{F, \text{long}}$, the length of strain test section ΔL , and the fibre length $L_{F, \text{opt}}$ as specified in 4.1 and quoted for the specific DSS to be tested.
- c) Place the DSS interrogation unit in a temperature chamber and stabilize the temperature at the operating temperature $T_{\text{op}} \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ to be tested. Test temperatures shall be the minimum and maximum operating temperature as specified by the manufacturer of the interrogation unit. The interrogation unit shall be powered off completely. Allow sufficient time (at least 2 h) before performing the following steps, so as to reach thermal equilibrium with the environment in accordance with the manufacturer's recommendations.
- d) For a complete DSS interrogation unit type test or qualification, the use of a temperature chamber and measurements at different temperatures are mandatory.
- e) After sufficient soak time, power on the interrogation unit normally, but do not initiate a strain measurement.
- f) Allow the interrogation unit to warm up for the warm-up time specified by the manufacturer, then immediately begin the first strain measurement within strain free sections of the fibre of length $L_{F, \text{long}}$.

NOTE In this case, there is no need to apply strain to get information on the performance of the interrogation unit.

- g) Continue to collect at least 10 strain traces.

5.5.2 Parameter calculation and reporting

Calculate the strain measurement error and the spatial strain uncertainty using the methods described in 5.1 and 5.4 with the following exceptions.

- a) For both measurement parameters, the location at which they shall be measured and recorded is within strain free sections at the end of the fibre of length $L_{F, \text{long}}$ only.
- b) For strain measurement error, no averaging of the last 10 strain traces collected over time shall be used; the value shall be calculated from each individual trace.
- c) For spatial strain uncertainty, no moving average of the last 10 strain traces collected over time shall be used; the value shall be calculated from each individual trace.

The warm-up time for the tested operating temperature is confirmed if strain measurement error and spatial strain uncertainty of the first measured strain trace are both not larger than the largest corresponding values of the subsequent 9 strain traces. The measurements shall be repeated with extended warm-up time if the above condition is not met.

The warm-up time to be reported is the maximum time required to meet the test conditions at minimum and maximum operating temperature.

5.6 System performance with altered attenuation

5.6.1 General

The two tests described in 5.6.2 and 5.6.3 provide information about the system performance with variations in attenuation, for example during long-term operations. One test evaluates the performance at distance measurement range for a given spatial resolution and given measurement time. The other test evaluates the performance at short distance with high loss. At least one of the two tests shall be performed.

Both tests are based on the general test setup described in 4.1 for the specific DSS interrogation unit configuration under test while additional loss is introduced by means of a variable optical attenuator (VOA). The VOA is placed outside the two thermal chambers where the DSS interrogation unit and the spool of the fibre of length $L_{F, \text{long}}$ are placed. It is connected to the DSS output fibre and to the fibre of length $L_{F, \text{opt}}$.

The system performance is characterized by evaluating the impact of additional loss on the strain repeatability. Additional loss is gradually increased by the VOA and the strain repeatability is measured until an acceptable performance level is exceeded.

5.6.2 At distance measurement range

5.6.2.1 Test procedure and conditions

The system performance is characterized by evaluating the impact of additional loss introduced in the optical system on the strain repeatability for a given spatial resolution and given measurement time. Figure 6 illustrates the test procedure.

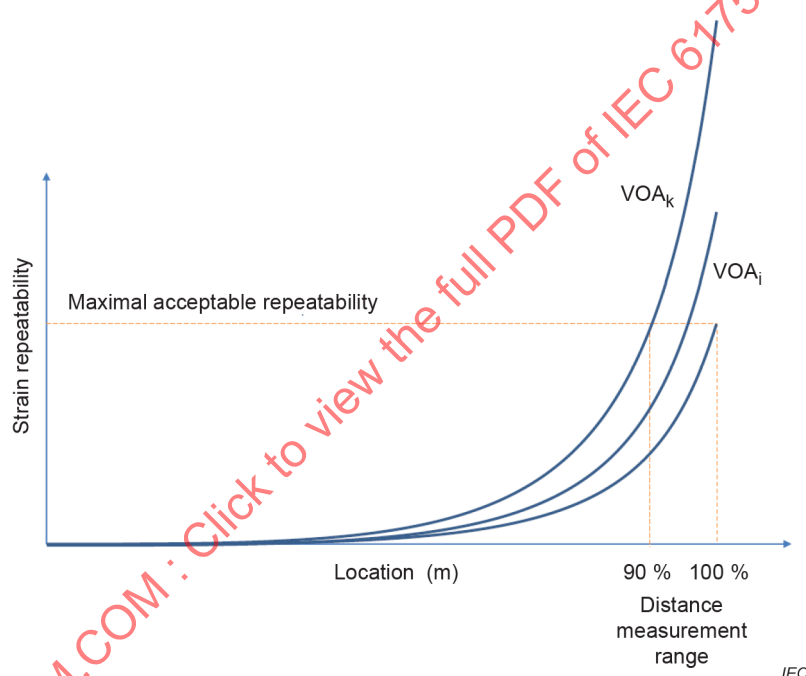


Figure 6 – Performance evaluation at distance measurement range

The detailed procedure is as follows.

- Use a general test setup as described in 4.1 for the specific DSS interrogation unit configuration under test. Insert a variable optical attenuator (VOA) into the fibre path between the chamber containing the interrogation unit and the chamber containing the fibre of length $L_{F, \text{long}}$, preferably by fusion splicing.
- Adjust the fibre length $L_{F, \text{long}}$, the length of strain test section ΔL , and the fibre length $L_{F, \text{opt}}$ as specified in 4.1 and quoted for the specific DSS to be tested.
- Place the DSS interrogation unit in a temperature chamber and stabilize the temperature at the designated operating temperature $T_{\text{op}} \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. The designated operating temperature shall be agreed upon by the manufacturer and the customer. Allow the unit sufficient time to warm up before performing the following steps, so as to reach thermal equilibrium with the environment in accordance with the manufacturer's recommendations (e.g. warm-up time).

- d) For a complete DSS interrogation unit type test/qualification, the use of a temperature chamber and measurements at different temperatures are mandatory. For a factory acceptance test (FAT) of a regularly manufactured DSS interrogation unit, it is possible to perform the test at a single temperature, possibly without the use of a temperature chamber.
- e) Ensure that the variable optical attenuator is set to minimum attenuation; this should ideally result in an insertion loss of less than 1,0 dB at the operating wavelengths of the interrogation unit.
- f) Collect 10 strain traces with the defined spatial resolution, measurement range and measurement time within sections of fibre length $L_{F, \text{long}}$.
- g) Calculate the strain repeatability using the method described in 5.3.2.
- h) Compare the measured strain repeatability with the maximum acceptable strain repeatability.
- i) Increase the attenuation of the VOA by about 0,5 dB above its previous value.
- j) Repeat steps f) through i) until the calculated strain repeatability is larger than the maximum acceptable strain repeatability at a location of 90 % of the total fibre length $L_{F, \text{long}}$.
- k) Disconnect the fibre of length $L_{F, \text{long}}$ and measure the VOA attenuation preferably using a cut-back method.

5.6.2.2 Parameter calculation and reporting

For calculation and evaluation, use the calculation instructions described in steps f) to j) of 5.6.2.1.

Report the attenuation as the sum of the VOA attenuation, including all point defect and connector losses (but excluding those at the interrogation unit), and the fibre loss over a distance of 90 % of the total fibre length $L_{F, \text{tot}}$ (measured at the system operating wavelength). Also report the given spatial resolution, given measurement time, and considered maximum acceptable strain repeatability.

5.6.3 At short distance with high loss

5.6.3.1 Test procedure and conditions

The system performance is characterized by evaluating the impact of additional loss introduced in the optical system on the strain repeatability at short distance for a given spatial resolution and three given characteristic measurement times. Figure 7 illustrates the test procedure.

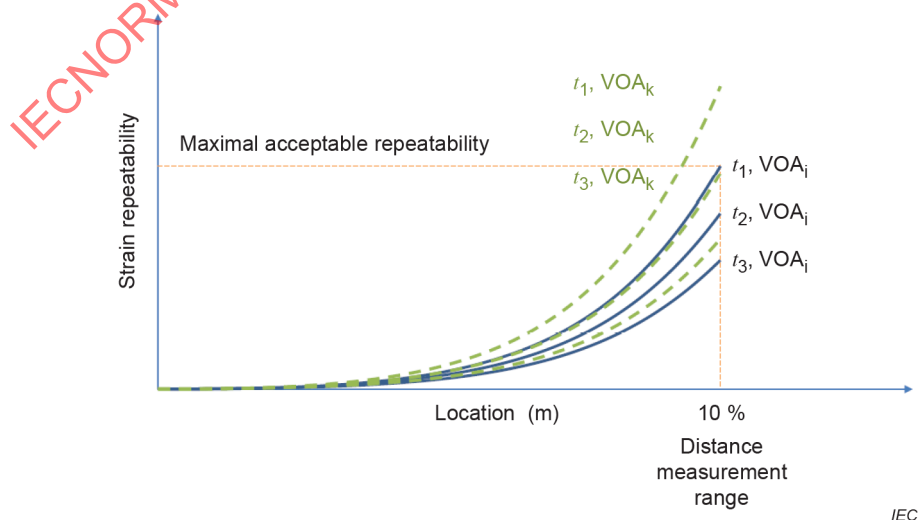


Figure 7 – Performance evaluation at short distance with high loss

The detailed procedure is as follows.

- a) Use a general test setup as described in 4.1 for the specific DSS interrogation unit configuration under test. Insert a variable optical attenuator (VOA) into the fibre path between the chamber containing the interrogation unit and the chamber containing the fibre of length $L_{F, \text{long}}$, preferably by fusion splicing.
- b) Shorten the fibre length $L_{F, \text{long}}$ to 10 % of the initial length. Adjust the length of the strain test section ΔL and the fibre length $L_{F, \text{opt}}$ as specified in 4.1 and quoted for the specific DSS to be tested.
- c) Place the DSS interrogation unit in a temperature chamber and stabilize the temperature at the designated operating temperature $T_{\text{op}} \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. The designated operating temperature shall be agreed upon by the manufacturer and the customer. Allow the unit sufficient time to warm up before performing the following steps, so as to reach thermal equilibrium with the environment in accordance with the manufacturer's recommendations (e.g. warm-up time).
- d) For a complete DSS interrogation unit type test/qualification, the use of a temperature chamber and measurements at different temperatures are mandatory. For a factory acceptance test (FAT) of a regularly manufactured DSS interrogation unit, it is possible to perform the test at a single temperature, possibly without the use of a temperature chamber.
- e) Ensure that the variable optical attenuator is set to its minimum value; this should ideally result in an insertion loss of less than 1,0 dB at the operating wavelengths of the interrogation unit.
- f) Collect a single strain trace with the defined spatial resolution and measurement range at 10 % of the fibre length $L_{F, \text{long}}$ for three representative measurement times:
 - 1) noticeably short measurement time (30 s per trace recommended);
 - 2) medium measurement time (10 min per trace recommended);
 - 3) noticeably long measurement time (1 h per trace recommended).
- g) Calculate the strain repeatability for each measurement time using the method described in 5.3.2.
- h) Compare the measured strain repeatability with the maximum acceptable strain repeatability.
- i) Increase the attenuation of the VOA setting by about 0,5 dB above its previous value.
- j) Repeat steps f) through h) until the DSS interrogation unit reports errors or non-evaluable data.
- k) Disconnect the shortened fibre and measure the VOA attenuation preferably using a cut-back method.

5.6.3.2 Parameter calculation and reporting

For calculation and evaluation, use the calculation instructions described in steps f) to j) of 5.6.2.1.

Report the attenuation as the VOA attenuation, including all point defect and connector losses (but excluding those at the interrogation unit). Also report the given spatial resolution, given measurement times, and considered maximum acceptable strain repeatability.

Bibliography

IEC 60050-300:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 300: Electrical and electronic measurements and measuring instruments – Part 311: General terms relating to measurements – Part 312: General terms relating to electrical measurements – Part 313: Types of electrical measuring instruments – Part 314: Specific terms according to the type of instrument*

IEC 60050-300:2001/AMD1:2015

IEC 60050-300:2001/AMD2:2016

IEC 60050-300:2001/AMD3:2017

IEC 60050-300:2001/AMD4:2020

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

ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61757-1-2:2023

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61757-1-2:2023

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	27
INTRODUCTION.....	29
1 Domaine d'application	30
2 Références normatives	30
3 Termes, définitions, abréviations et symboles.....	30
3.1 Termes et définitions	30
3.2 Abréviations.....	35
3.3 Symboles.....	35
4 Montages d'essai généraux pour la mesure des paramètres de performance.....	35
4.1 Exigences générales et relatives aux montages d'essai	35
4.2 Exigences générales relatives à la documentation	40
5 Procédures de mesure des paramètres de performance	41
5.1 Erreur de mesure de déformation.....	41
5.1.1 Procédure et conditions d'essai	41
5.1.2 Calcul des paramètres et consignation	41
5.2 Résolution spatiale	41
5.2.1 Procédure et conditions d'essai	41
5.2.2 Calcul des paramètres et consignation	42
5.3 Répétabilité de la déformation	42
5.3.1 Procédure et conditions d'essai	42
5.3.2 Calcul des paramètres et consignation	43
5.4 Incertitude spatiale de la déformation	43
5.4.1 Procédure et conditions d'essai	43
5.4.2 Calcul des paramètres et consignation	43
5.5 Durée de préchauffage	44
5.5.1 Procédure et conditions d'essai	44
5.5.2 Calcul des paramètres et consignation	44
5.6 Performance du système avec affaiblissement altéré	45
5.6.1 Généralités.....	45
5.6.2 À l'étendue de mesure de la distance	45
5.6.3 À courte distance avec un fort affaiblissement	47
Bibliographie.....	49
Figure 1 – Profil de déformation de la fibre optique et points échantillons de déformation connexes.....	32
Figure 2 – Montage d'essai général pour la configuration à fibre unique	36
Figure 3 – Montage d'essai général pour la configuration à boucle	37
Figure 4 – Déformation mesurée par rapport à la déformation appliquée (courbe typique)	39
Figure 5 – Décalage de fréquence de Brillouin en fonction de l'allongement d'une fibre de télécommunication normale.....	39
Figure 6 – Évaluation de la performance à l'étendue de mesure de la distance.....	46
Figure 7 – Évaluation de la performance à courte distance avec un fort affaiblissement.....	47

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CAPTEURS FIBRONIQUES –

**Partie 1-2: Mesure de déformation –
Détection répartie basée sur la diffusion de Brillouin**

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 61757-1-2 a été établie par le sous-comité 86C: Systèmes et dispositifs actifs à fibres optiques, du comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
86C/1857/CDV	86C/1872/RVC

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61757, publiée sous le titre général *Capteurs fibroniques*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document 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.

INTRODUCTION

Le présent document fait partie de la série IEC 61757 relative aux capteurs fibroniques. Les spécifications génériques applicables aux capteurs fibroniques sont définies dans l'IEC 61757.

Les parties distinctes de la série IEC 61757 sont numérotées en tant qu'IEC 61757-*M-T*, où *M* désigne la mesure et *T* la technologie du capteur fibronique. La série IEC 61757-1-*T* concerne les mesures de déformation.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61757-1-2:2023

CAPTEURS FIBRONIQUES –

Partie 1-2: Mesure de déformation – Détection répartie basée sur la diffusion de Brillouin

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61757 définit des spécifications particulières pour les mesures de déformation réparties avec un capteur fibronique, également appelées "détection de déformation répartie fibronique". Elle s'applique aux systèmes fibroniques répartis de détection de déformation (DSS) basés sur la diffusion de Brillouin spontanée ou stimulée dans le capteur à fibres optiques (élément sensible à la déformation), c'est-à-dire aux capteurs capables de mesurer la déformation absolue.

Le présent document spécifie les paramètres de performance DSS les plus importants et définit les procédures pour leur détermination.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 61757:2018, *Capteurs à fibres optiques – Spécification générique*

IEC 61757-2-2:2016, *Capteurs à fibres optiques – Partie 2-2: Mesure de température – Détection répartie*

IEC 61757-3-2:2022, *Capteurs fibroniques – Partie 3-2: Détection acoustique et mesure des vibrations – Détections réparties*

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

3 Termes, définitions, abréviations et symboles

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'IEC 61757, l'IEC 61757-2-2, l'IEC 61757-3-2, ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

NOTE Pour les définitions suivantes, les procédures d'essai et les paramètres pertinents sont définis à l'Article 4.

3.1.1

système fibronique réparti de détection de déformation

DSS

montage de mesure constitué d'un capteur fibronique réparti raccordé à une unité d'interrogation, comprenant un processeur, une bibliothèque de données et une interface utilisateur, qui fournit une mesure de déformation résolue dans l'espace

[SOURCE: IEC 61757-3-2:2022, 3.1.2, modifié – adapté à la mesure de déformation répartie]

3.1.2

étendue de mesure de la distance

distance maximale depuis le connecteur de sortie de l'unité d'interrogation du DSS le long du capteur à fibres optiques sur laquelle le DSS mesure une déformation avec une performance de mesure spécifiée dans des conditions définies

Note 1 à l'article: Les conditions définies sont la résolution spatiale (3.1.8), l'incertitude spatiale de la déformation (3.1.9) et la durée de mesure (3.1.5).

Note 2 à l'article: Ce paramètre d'appui est étroitement lié à l'affaiblissement optique cumulé total (unidirectionnel) toléré par l'unité d'interrogation sans affecter la performance de mesure spécifiée. Dans les cas d'essai utilisés pour prouver ou vérifier les spécifications déclarées, la longueur totale des fibres doit être supérieure ou égale à l'étendue de mesure de la distance spécifiée, pour l'affaiblissement optique cumulé total qui est toléré.

Note 3 à l'article: L'étendue de mesure de la distance est généralement exprimée en km.

Note 4 à l'article: Pour les configurations à boucle de fibre, l'étendue de mesure de la distance est donnée par la moitié de la longueur de fibre entre le connecteur de sortie et le connecteur d'entrée de l'unité d'interrogation.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.2, et Guide ISO/IEC 99:2007, 4.7, modifiés – adaptés à la mesure de déformation répartie]

3.1.3

point déformé

ΔL

longueur du capteur fibronique présentant un faible allongement (δL), qui provoque une déformation nettement supérieure à la répétabilité de la déformation de l'unité d'interrogation et qui est confirmée par une mesure de déformation de référence

Note 1 à l'article: La déformation appliquée ε est égale à $(\delta L / \Delta L)$.

Note 2 à l'article: Il est utile de définir la déformation en $\mu\varepsilon$, où 1 $\mu\varepsilon$ correspond à un δL de 1 μm sur un ΔL de 1 m.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.6, modifié – adapté à la mesure de déformation répartie]

3.1.4

emplacement

L

distance optique entre le connecteur de sortie de l'unité d'interrogation du DSS et un point échantillon de déformation souhaité le long du capteur fibronique

Note 1 à l'article: L'emplacement le plus éloigné du connecteur de sortie de l'unité d'interrogation du DSS pour l'essai particulier est quantifié comme $L_{F, \text{long}}$ km et est souvent choisi pour être le même que l'étendue de mesure de la distance afin de comparer les résultats de mesure avec les spécifications déclarées.

Note 2 à l'article: L'emplacement est généralement exprimé en km.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.7, modifié – adapté à la mesure de déformation répartie]

3.1.5

durée de mesure

temps entre deux mesures de déformation indépendantes lors de mesures successives sur un capteur à fibre optique unique

Note 1 à l'article: De même, il s'agit de l'intervalle de temps entre les horodatages successifs des traces de déformation dans ces conditions.

Note 2 à l'article: Ce paramètre comprend la durée d'acquisition et la durée de traitement des données mesurées. Ce paramètre peut être généralement choisi par l'utilisateur, de manière limitée. Plusieurs mesures de déformation indépendantes peuvent être moyennées pour obtenir une durée de mesure globale.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.8, modifié – adapté à la mesure de déformation répartie]

3.1.6

défait ponctuel

écart local d'un capteur à fibres optiques par rapport à ses propriétés optiques et mécaniques nominales, se produisant en un seul emplacement ou sur une longueur sensiblement inférieure à la résolution spatiale de l'instrument DSS

Note 1 à l'article: La définition d'un défaut ponctuel englobe un large éventail de situations, qui peuvent produire des effets similaires sur la trace de déformation. Exemples:

- un affaiblissement ponctuel, comme une mauvaise épissure de fibre;
- une rétro réflexion (ou affaiblissement de réflexion), telle qu'elle peut provenir d'un connecteur de fibre;
- une région localisée à fort affaiblissement, comme une courbure ou un coude dans la fibre;
- une discontinuité physique dans la fibre, comme une épissure entre deux fibres de diamètres de cœur différents.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.9, modifié – adapté à la mesure de déformation répartie]

3.1.7

espacement des points échantillons

distance entre deux points échantillons de déformation consécutifs dans une seule trace de déformation

Note 1 à l'article: L'espacement des points échantillons peut être un paramètre choisi par l'utilisateur dans l'unité d'interrogation.

Note 2 à l'article: L'espacement des points échantillons est généralement exprimé en m.

Note 3 à l'article: Voir Figure 1.

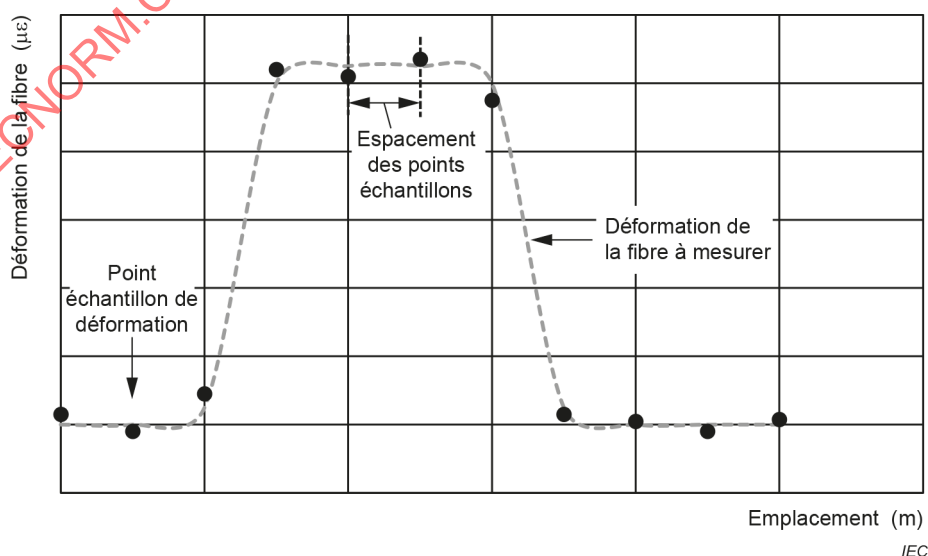


Figure 1 – Profil de déformation de la fibre optique et points échantillons de déformation connexes

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.11, modifié – adapté à la mesure de déformation répartie]

3.1.8

résolution spatiale

plus petite longueur d'un capteur fibronique affecté par la déformation pour laquelle un DSS peut mesurer et confirmer la déformation de référence d'un point déformé défini dans les limites de l'erreur de mesure de déformation spécifiée du DSS

Note 1 à l'article: La résolution spatiale est généralement exprimée en m.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.12, modifié – adapté à la mesure de déformation répartie]

3.1.9

incertitude spatiale de la déformation

incertitude de la localisation des données de déformation dans une seule trace de déformation exprimée par le double de l'écart-type d'un nombre spécifié de points échantillons de déformation adjacents, le capteur fibronique étant maintenu à déformation et température constantes

Note 1 à l'article: En raison d'une sensibilité croisée potentielle du DSS à la température, il peut être nécessaire de stabiliser la température du capteur fibronique.

Note 2 à l'article: L'incertitude spatiale de la déformation est généralement exprimée en unités de $\mu\epsilon$ et notée comme une tolérance (par exemple $\pm xx \mu\epsilon$), où 1 $\mu\epsilon$ correspond à un δL de 1 μm sur ΔL de 1 m.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.13, modifié – adapté à la mesure de déformation répartie]

3.1.10

zone d'insensibilité à la déformation

zone limitée d'une trace de déformation, où les points échantillons de déformation s'écartent des parties non perturbées de la trace d'une limite spécifiée en raison d'un défaut ponctuel

Note 1 à l'article: La zone d'insensibilité à la déformation est généralement exprimée en m.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.14, modifié – adapté à la mesure de déformation répartie]

3.1.11

erreur de mesure de déformation

différence maximale entre une moyenne mobile centrée et uniformément pondérée de la déformation mesurée et une déformation de référence pour tous les points de données du capteur à fibres optiques sur toute la gamme des températures de fonctionnement et tous les temps d'acquisition

Note 1 à l'article: La valeur unique (cas le plus défavorable) est spécifiée comme une tolérance en unités de $\mu\epsilon$ (par exemple $\pm xx \mu\epsilon$).

Note 2 à l'article: Le nombre d'éléments utilisés pour la moyenne mobile est défini plus loin dans le document. Dans les applications pratiques, d'autres méthodes de lissage peuvent s'appliquer.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.15, modifié – adapté à la mesure de déformation répartie]

3.1.12

répétabilité de la déformation

fidélité des données de déformation basée sur des traces de déformation répétées à un emplacement donné, exprimée par le double de l'écart-type des points échantillons de déformation correspondants dans chaque trace de déformation, le capteur fibronique étant maintenu à déformation et température constantes

Note 1 à l'article: La répétabilité de la déformation est exprimée comme une tolérance en unités de $\mu\epsilon$ (par exemple $\pm xx \mu\epsilon$).

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.16, modifié – adapté à la mesure de déformation répartie]

3.1.13

point échantillon de déformation

valeur de la déformation mesurée associée à un seul point à un emplacement connu le long d'un capteur à fibres optiques

Note 1 à l'article: En raison des effets du moyennage du signal, la valeur mesurée représente la déformation le long d'une très petite section du capteur fibronique qui inclut le point échantillon de déformation.

Note 2 à l'article: Voir Figure 1.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.17, modifié – adapté à la mesure de déformation répartie]

3.1.14

trace de déformation

ensemble de points échantillons de déformation répartis le long d'un capteur à fibres optiques et séparés par l'espacement des points échantillons

Note 1 à l'article: Tous les points échantillons sont associés à une durée de mesure commune, souvent appelée "horodatage de la trace". Les valeurs mesurées représentent la déformation pendant une période qui inclut l'horodatage.

Note 2 à l'article: Tous les points échantillons dans une trace de déformation sont des valeurs mesurées produites par le DSS et non des valeurs interpolées ou lissées produites par un traitement postérieur en dehors de l'unité d'interrogation.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.18, modifié – adapté à la mesure de déformation répartie]

3.1.15

longueur totale de la fibre

$L_{F,tot}$

distance entre le connecteur de sortie de l'unité d'interrogation du DSS et l'extrémité finale du capteur à fibres optiques

Note 1 à l'article: L'extrémité finale du capteur à fibres optiques peut être soit une extrémité coupée ou terminée intentionnellement de la fibre physiquement éloignée de l'unité d'interrogation (dans une configuration à fibre unique), soit l'extrémité d'une boucle constituée d'un connecteur qui est raccordé à la même unité d'interrogation (dans une configuration à boucle).

Note 2 à l'article: Ce paramètre est supérieur ou égal à l'étendue de mesure de la distance et est généralement exprimé en km.

[SOURCE: IEC 61757-2-2:2016, 3.19, modifié – adapté à la mesure de déformation répartie]

3.1.16

durée de préchauffage

durée comprise entre l'instant où l'alimentation de l'unité d'interrogation du DSS est mise sous tension, et l'instant où l'unité d'interrogation est en état d'être utilisée, comme spécifié par le constructeur

Note 1 à l'article: La durée de préchauffage est généralement exprimée en secondes ou en minutes.

Note 2 à l'article: La durée de préchauffage permet de télécharger des logiciels et de stabiliser les températures de fonctionnement des composants optiques et électroniques.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-03-18, modifié – adapté à la mesure de déformation répartie]

3.2 Abréviations

DSS	Distributed fibre optic Strain Sensing system	système fibronique réparti de détection de déformation
FAT	Factory Acceptance Test	essai de réception en usine
LVDT	Linear Variable Differential Transformer	transformateur différentiel à variation linéaire
VOA	Variable Optical Attenuator	atténuateur optique variable

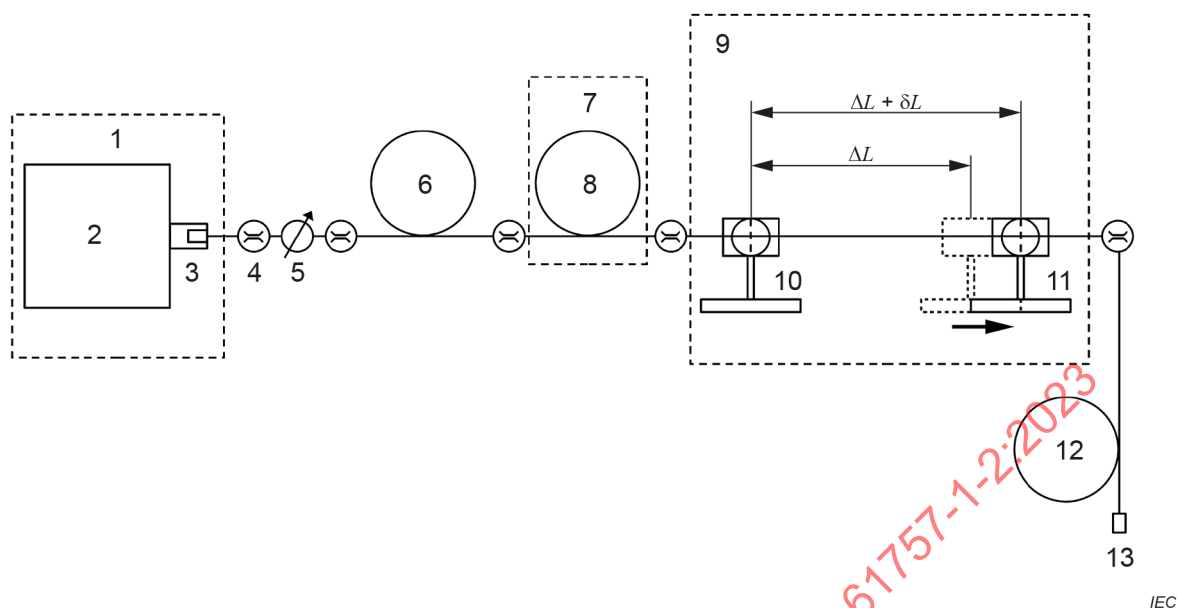
3.3 Symboles

A	section transversale
E	module de Young
F	force
L	distance optique entre le connecteur de sortie et un point échantillon de déformation souhaité
$L_{F,opt}$, $L_{F,short}$	longueurs de fibre
$L_{F,loop}$, $L_{F,long}$	longueurs de fibre
$L_{F,tot}$	longueur totale de la fibre
ΔL	longueur du capteur fibronique à soumettre à déformation (point déformé)
δL	petite variation de longueur de ΔL
N , n	nombre de traces, nombre de points de données
S	écart-type
T	température
T_{low} , T_{op} , T_{high}	température minimale, typique et maximale de fonctionnement du DSS
T_{STC}	température de fonctionnement ambiante de la section d'essai de déformation
ε	déformation
ε_{rep}	répétabilité de la déformation
ε_{unc}	incertitude spatiale de la déformation
σ	contrainte

4 Montages d'essai généraux pour la mesure des paramètres de performance

4.1 Exigences générales et relatives aux montages d'essai

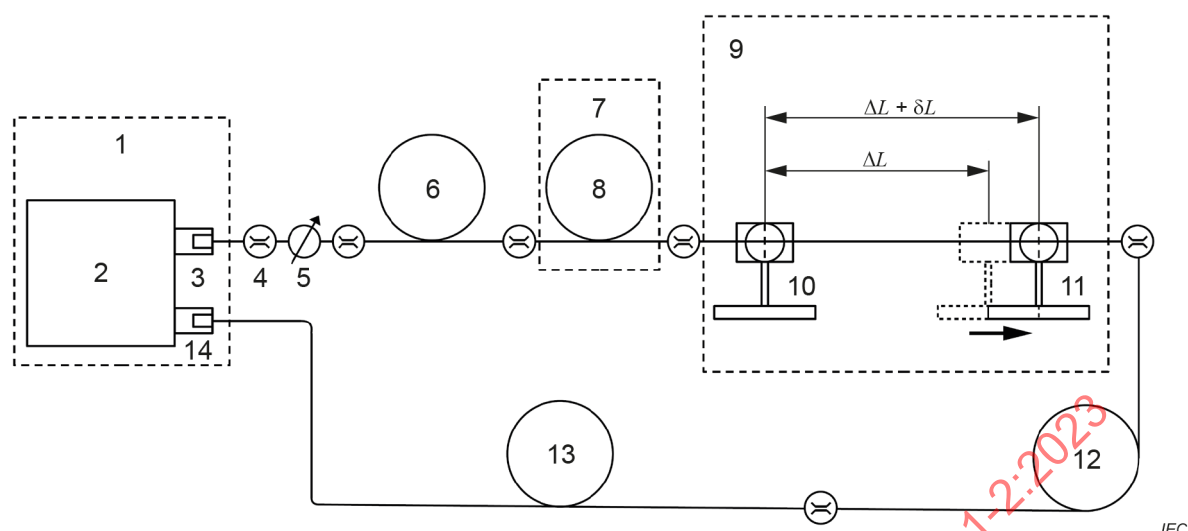
Les montages d'essai généraux pour les configurations à fibre unique et à boucle sont représentés schématiquement respectivement à la Figure 2 et à la Figure 3. L'objectif de ces montages est de fournir une base commune pour déterminer les spécifications de mesure tout en minimisant la complexité, le coût, les exigences de reconfiguration et le temps d'exécution de l'essai. La stabilisation de la température est utilisée pour éviter la diaphonie de la température.



Légende

- 1 caisson thermorégulé (par exemple enceinte thermostatique)
- 2 unité d'interrogation du DSS
- 3 connecteur de sortie de l'unité d'interrogation du DSS
- 4 épissure par fusion de fibre
- 5 atténuateur optique variable facultatif
- 6 grande longueur de fibre facultative, $L_{F,opt}$ (bobine normale)
- 7 environnement thermorégulé pour des conditions ambiantes stables
- 8 grande longueur de fibre, $L_{F,long}$ (spires non jointives et sans déformation)
- 9 section d'essai de déformation avec environnement thermorégulé pour des conditions ambiantes stables
- 10 organe de serrage de la fibre fixe
- 11 organe de serrage de la fibre mobile
- 12 courte longueur de fibre, $L_{F,short}$ (spires non jointives), supérieure à 5 fois la résolution spatiale
- 13 terminaison de fibre

Figure 2 – Montage d'essai général pour la configuration à fibre unique



Légende

- 1 caisson thermorégulé (par exemple enceinte thermostatique)
- 2 unité d'interrogation du DSS
- 3 connecteur de sortie de l'unité d'interrogation du DSS
- 4 épissure par fusion de fibre
- 5 atténuateur optique variable facultatif
- 6 grande longueur de fibre facultative, $L_{F,opt}$ (bobine normale)
- 7 environnement thermorégulé pour des conditions ambiantes stables
- 8 grande longueur de fibre, $L_{F,long}$ (spires non jointives et sans déformation)
- 9 section d'essai de déformation avec environnement thermorégulé pour des conditions ambiantes stables
- 10 organe de serrage de la fibre fixe
- 11 organe de serrage de la fibre mobile
- 12 grande longueur de fibre, $L_{F,short}$ (spires non jointives), supérieure à 5 fois la résolution spatiale
- 13 grande longueur de fibre, $L_{F,loop}$ (bobine normale), avec $L_{F,loop} > (L_{F,opt} + L_{F,long} + \Delta L + L_{F,short})$
- 14 connecteur d'entrée de l'unité d'interrogation du DSS

Figure 3 – Montage d'essai général pour la configuration à boucle

Le caisson thermorégulé contenant l'unité d'interrogation du DSS doit fournir une température stable, pendant une durée prolongée, dans la gamme des températures de fonctionnement ($T_{low} \leq T_{op} \leq T_{high}$) du dispositif en essai. Il est recommandé d'utiliser des enceintes thermostatiques disponibles dans le commerce pour déterminer les paramètres de performance. Les exigences minimales d'un tel dispositif sont:

- les températures minimale et maximale doivent dépasser les températures de fonctionnement minimale et maximale de l'unité d'interrogation en essai;
- variation de température dans le temps (état stable): inférieure à ($\pm 0,5$ °C);
- homogénéité de température en volume: inférieure à ($\pm 1,5$ °C).

Pour l'ajustement de puissance optique, un atténuateur optique étalonné ou un atténuateur optique qui peut être autoétalonné doit être utilisé. Recommandations applicables à un atténuateur optique variable:

- étalonné pour la longueur d'onde de fonctionnement (ou autoétalonné à l'aide d'un appareil de mesure de la puissance);
- plage d'affaiblissement variable comprise entre 2 dB et 6 dB;

- résolution de réglage d'affaiblissement selon les besoins, exactitude présumée de 0,1 dB.

L'utilisation d'atténuateurs fixes calibrés est également acceptable. L'IEC 60869-1 fournit de plus amples informations sur les dispositifs fibroniques passifs de contrôle de la puissance.

La section d'essai de déformation doit fournir de manière reproductible différents niveaux de déformation constante de la longueur du capteur à fibres optiques, ΔL . Une fibre unimodale disponible dans le commerce doit être utilisée comme fibre de capteur à fibres optiques. La déformation de la fibre doit être surveillée et mesurée avec des instruments de mesure appropriés. Les instruments de mesure appropriés sont, par exemple un système de mesure de longueur par interférométrie laser ou un transformateur différentiel à variation linéaire (LVDT) pour déterminer l'allongement de la fibre. Si le module de Young de la fibre est connu, un capteur de force peut être utilisé pour mesurer la force de traction, à partir de laquelle la déformation peut être calculée à l'aide de la Formule (1). Aucune influence interférente (par exemple due à une charge de compression élevée ou d'un glissement) sur la mesure de déformation ne doit être causée par le serrage de la fibre. Les exigences minimales pour la section d'essai de déformation sont les suivantes:

- longueur minimale du capteur fibronique, ΔL , à déformer: $\Delta L > (3 \times \text{la résolution spatiale})$;
- déformation de la fibre à obtenir: $0,3 \% \leq \varepsilon \leq 1 \%$.

NOTE Lors de la détermination de la performance de l'unité d'interrogation du DSS avec un câble capteur spécifique, il est possible de déterminer d'abord les performances du DSS avec une fibre unimodale ordinaire, puis de répéter la mesure avec le câble capteur au lieu de la fibre unimodale ordinaire.

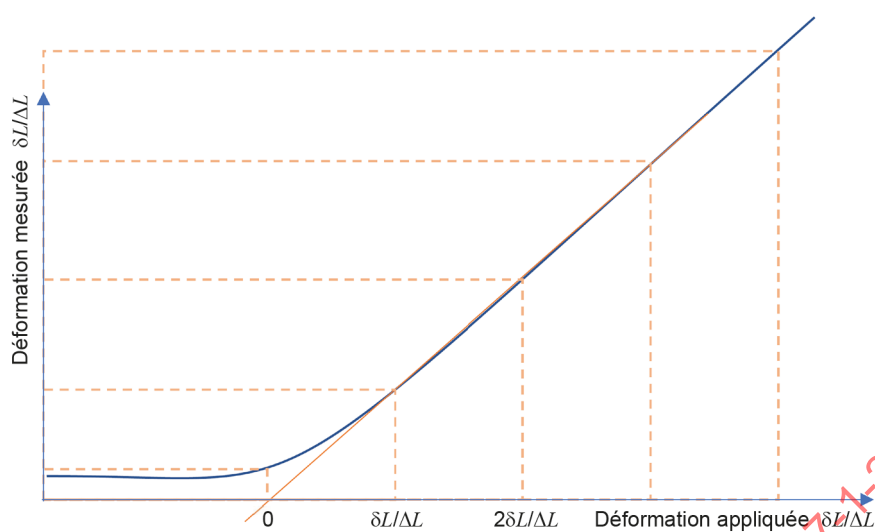
Pour les mesures de déformation sur des distances relativement longues, $L_{F,\text{tot}}$ (par exemple 50 km), la résolution spatiale peut être de l'ordre de plusieurs mètres (par exemple 2 m à 3 m), de sorte que la section d'essai de déformation pourrait être assez longue (par exemple 6 m à 9 m). Dans de tels cas, des mesures de déformation et de répétabilité peuvent être effectuées sur différentes longueurs de fibres, $L_{F,\text{long}}$, si la mesure de déformation est effectuée avec une fibre courte de moins de 5 km de longueur et si la répétabilité est mesurée sans déformation externe à la longueur originale, $L_{F,\text{long}}$.

La section d'essai de déformation et la totalité de la longueur de fibre du capteur doivent être actionnées dans des conditions ambiantes stables (T_{STC} recommandées = $(23 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ et $(55 \pm 10) \% \text{ HR}$).

La fibre de détection, de longueur $L_{F,\text{long}}$, ou des sections de fibre de longueur suffisante doivent être installées et actionnées sans y appliquer aucune déformation permanente.

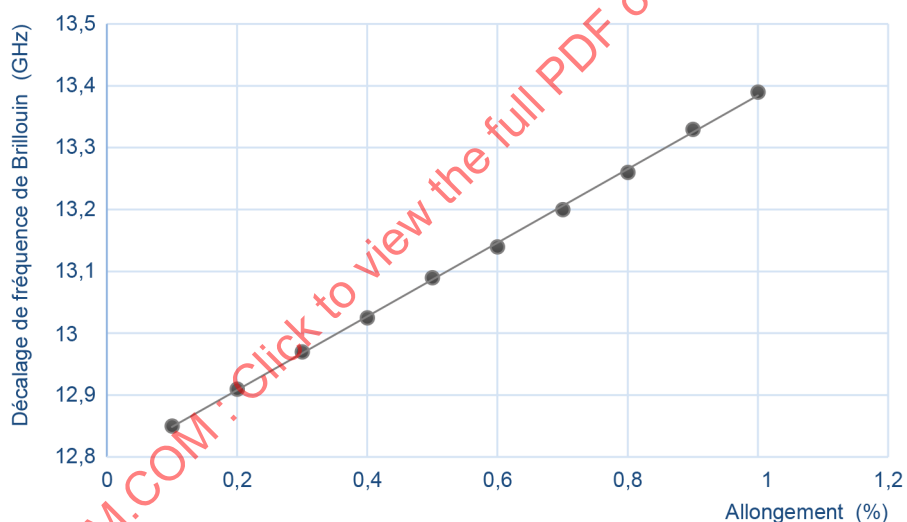
Dans un montage horizontal de la section d'essai de déformation, le poids de la fibre peut provoquer un certain affaissement, il convient qu'il soit négligeable (principalement inférieur à la résolution de l'unité d'interrogation). Lorsque la déformation est appliquée à la fibre affaissée en augmentant ΔL , la fibre devient d'abord droite avec un déplacement δL croissant avant que la déformation mesurée augmente linéairement avec la déformation appliquée. La déformation nulle doit être définie par l'intersection d'un ajustement linéaire de la courbe de déformation mesurée à la déformation appliquée avec l'axe X, comme représenté à la Figure 4. La longueur ΔL_0 correspondante doit être utilisée comme référence pour le calcul de déformation.

La Figure 4 représente une courbe type de déformation mesurée par rapport à la déformation appliquée résultant d'une combinaison de déplacement et de déformation. Lorsque la déformation mesurée est exprimée dans la grandeur physique mesurée par l'unité d'interrogation (par exemple le décalage de fréquence dans un système basé sur la diffusion de Brillouin), la pente de l'ajustement linéaire correspond au coefficient d'étalonnage de l'unité d'interrogation, comme représenté dans l'exemple de la Figure 5.



IEC

Figure 4 – Déformation mesurée par rapport à la déformation appliquée (courbe typique)



IEC

Figure 5 – Décalage de fréquence de Brillouin en fonction de l'allongement d'une fibre de télécommunication normale

Comme alternative au montage horizontal de la section d'essai de déformation, un montage vertical avec plusieurs poids différents peut être utilisé comme mécanisme de chargement.

La déformation de fibre ε peut être calculée à partir de la Formule (1):

$$\sigma = E \varepsilon = \frac{F}{A} \quad (1)$$

où

σ est la contrainte;

ε est la déformation de la fibre;

E est le module de Young de la fibre;

F est la force appliquée à la fibre par le poids (ou la force de traction);

A est l'aire de la section transversale de la fibre de verre.

L'incertitude de mesure doit être estimée conformément au Guide ISO/IEC 98-3.

L'unité d'interrogation du DSS et tout équipement de mesure supplémentaire utilisé (par exemple capteurs de température, système de mesure de la longueur de référence à haute résolution ou VOA) doivent être étalonnés avant les essais conformément aux recommandations du fabricant, s'ils n'ont pas d'étalonnage valide.

4.2 Exigences générales relatives à la documentation

Les informations générales exigées à consigner dans le rapport sont les suivantes:

- la date de réalisation de tous les essais;
- le nom de l'organisme exécutant les essais;
- les noms des personnes effectuant les essais;
- la configuration du montage d'essai;
- la configuration de la section d'essai de déformation;
- le mode de fonctionnement de l'unité d'interrogation du DSS (configurations à fibre unique ou à boucle représentées à la Figure 2 et à la Figure 3, ou canal ou canaux soumis à essai dans le cas d'un système multicanal utilisant le même matériel);
- la ou les longueurs d'onde des signaux envoyés (la ou les longueurs d'onde de fonctionnement);
- le fabricant, le modèle et le numéro de série de l'unité d'interrogation du DSS;
- le fabricant, le modèle et le numéro de série du VOA;
- le fabricant, le modèle et le numéro de série du système de mesure de la longueur de référence à haute résolution (le cas échéant);
- le fabricant de la fibre optique et les caractéristiques spécifiées de la fibre optique;
- l'affaiblissement optique (unidirectionnel) du montage optique jusqu'à l'extrémité de la longueur $L_{F,short}$;
- la longueur d'onde utilisée pour mesurer l'affaiblissement à l'extrémité du capteur;
- l'étendue de mesure de la distance de l'unité d'interrogation du DSS;
- l'espacement des points échantillons utilisé pour toutes les mesures;
- le réglage de la résolution spatiale utilisé pour toutes les mesures;
- le nombre de mesures et la durée de mesure utilisés lors de l'étalonnage du DSS;
- les longueurs de fibres, $L_{F,short}$, $L_{F,long}$, $L_{F,opt}$ et $L_{F,loop}$ (le cas échéant);
- la longueur de la section d'essai de déformation, ΔL ;
- le niveau de déformation appliqué au capteur;
- les limites de température de fonctionnement maximale (T_{high}) et minimale (T_{low}) de l'unité d'interrogation du DSS.

Les informations exigées pour le DSS soumis à essai et le montage d'essai associé doivent être consignées conjointement avec les spécifications de mesure calculées.

5 Procédures de mesure des paramètres de performance

5.1 Erreur de mesure de déformation

5.1.1 Procédure et conditions d'essai

Les étapes suivantes doivent être suivies.

- Utiliser un montage d'essai général comme décrit en 4.1 pour la configuration spécifique de l'unité d'interrogation du DSS en essai.
- Ajuster la longueur de la fibre, $L_{F, \text{long}}$, la longueur de la section d'essai de déformation, ΔL , et la longueur de la fibre, $L_{F, \text{opt}}$, comme spécifié en 4.1 et déclaré pour le DSS spécifique à soumettre à essai.
- Placer l'unité d'interrogation du DSS dans une enceinte thermostatique et stabiliser la température à la température de fonctionnement désignée, $T_{\text{op}} \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. La température de fonctionnement désignée doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et le client. Attendre suffisamment longtemps avant d'effectuer les étapes suivantes pour que l'unité se préchauffe et atteigne l'équilibre thermique avec l'environnement conformément aux recommandations du fabricant (durée de préchauffage).
- Pour un essai de type ou de qualification complet de l'unité d'interrogation du DSS, l'utilisation d'une enceinte thermostatique et de mesures à différentes températures est obligatoire. Pour un essai de réception en usine (FAT) d'une unité d'interrogation du DSS fabriquée de manière régulière, il est possible d'effectuer l'essai à une seule température, éventuellement sans l'utilisation d'une enceinte thermostatique.
- Au moyen de la section d'essai de déformation, appliquer 5 niveaux de déformation différents, dont 4 niveaux de déformation doivent être dans le régime linéaire de la courbe mesurée (voir Figure 4 et Figure 5 pour les courbes types). Recueillir 10 traces de déformation pour chaque durée de mesure (plus courte, recommandée et plus longue) pour chaque niveau de déformation.

5.1.2 Calcul des paramètres et consignment

Les étapes suivantes doivent être suivies.

- Calculer la valeur moyenne de déformation sur une résolution spatiale autour du centre de la section déformée pour toutes les traces.
- Calculer la différence absolue entre la déformation mesurée et la déformation appliquée.
- Consigner la valeur maximale de l'étape b) comme l'erreur de mesure de déformation. L'estimation de l'incertitude de mesure doit être établie conformément au Guide ISO/IEC 98-3.

5.2 Résolution spatiale

5.2.1 Procédure et conditions d'essai

Les étapes suivantes doivent être suivies.

- Utiliser un montage d'essai général comme décrit en 4.1 pour la configuration spécifique de l'unité d'interrogation du DSS en essai.
- Ajuster la longueur de la fibre, $L_{F, \text{long}}$ et la longueur de la fibre, $L_{F, \text{opt}}$, comme spécifié en 4.1 et déclaré pour le DSS spécifique à soumettre à essai. Remplacer la section d'essai de déformation de longueur ΔL par une séquence de fibres optiques de longueur et de fréquence de Brillouin différentes, de façon à simuler différentes longueurs d'une fibre déformée. Les longueurs de fibre suivantes sont recommandées avec une tolérance de longueur de $\pm 10 \text{ mm}$: la plus petite résolution spatiale spécifiée par le fabricant, 0,5 m, 1 m, 2 m, 3 m et 5 m. Une différence de fréquence de Brillouin d'au moins 30 MHz est recommandée pour les différentes sections de fibres.