



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Fibre optic sensors –
Part 2-2: Temperature measurement – Distributed sensing**

**Capteurs à fibres optiques –
Partie 2-2: Mesure de température – Détection répartie**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.180.99

ISBN 978-2-8322-8787-3

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

CONTENTS

FOREWORD	4
INTRODUCTION	6
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
4 General test setups for measurement of performance parameters	11
4.1 General and test setup requirements	11
4.2 General required information to be documented	13
5 Measurement procedures for performance parameters	14
5.1 Temperature measurement error	14
5.1.1 Test procedure and conditions	14
5.1.2 Parameter calculation	14
5.2 Spatial resolution	16
5.2.1 Test procedure and conditions	16
5.2.2 Parameter calculation	16
5.3 Temperature repeatability	17
5.3.1 Test procedure and conditions	17
5.3.2 Parameter calculation	17
5.3.3 Formulas	18
5.4 Spatial temperature uncertainty	19
5.4.1 Test procedure and conditions	19
5.4.2 Parameter calculation	19
5.5 Environmental temperature stability	20
5.5.1 Test procedure and conditions	20
5.5.2 Parameter calculation	21
5.6 Warm-up time	22
5.6.1 Test procedure and conditions	22
5.6.2 Parameter calculation	23
5.7 Attenuation range	24
5.7.1 Test procedure and conditions	24
5.7.2 Parameter calculation	25
Annex A (informative) Measurement parameter performance table	26
Annex B (informative) Point defect effects	28
B.1 General	28
B.2 Point defect	28
B.3 Test procedures and conditions	28
Bibliography	31
Figure 1 – Example of a temperature trace with temperature sample points	10
Figure 2 – General test setup: single-ended	12
Figure 3 – General test setup: loop configuration	12
Figure 4 – Temperature measurement error calculation: step 1	15
Figure 5 – Temperature measurement error calculation: steps 2 through 3	15
Figure 6 – Temperature measurement error calculation: steps 4 through 5	16

Figure 7 – Spatial resolution illustration	17
Figure 8 – Temperature repeatability calculated from Figure 4	18
Figure 9 – Spatial temperature uncertainty calculated from Figure 4	20
Figure 10 – Environmental temperature cycle (example for a DTS instrument with an operating temperature range of 0 °C to 40 °C)	21
Figure 11 – Environmental temperature stability parameter calculation method.....	22
Figure 12 – Example illustrating calculation of warm-up time	23
Figure B.1 – Point defect measurement (example).....	29
Table A.1 – Blank measurement parameter performance table	26

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIBRE OPTIC SENSORS –

Part 2-2: Temperature measurement – Distributed sensing

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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

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

CDV	Report on voting
86C/1323/CDV	86C/1354/RVC

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

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

A list of all parts in the IEC 61757 series, published under the general title *Fibre optic sensors*, can be found on the IEC website.

This International Standard is to be used in conjunction with IEC 61757-1:2012.

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

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

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

INTRODUCTION

It has been decided to restructure the IEC 61757 series with the following logic. From now on, the sub-parts will be renumbered as IEC 61757-*M-T* where *M* denotes the measure and *T* the technology.

The existing part IEC 61757-1:2012 will be renumbered as IEC 61757 when it will be revised and will serve as an umbrella document over the entire series.

FIBRE OPTIC SENSORS –

Part 2-2: Temperature measurement – Distributed sensing

1 Scope

This part of IEC 61757 defines detail specifications for distributed temperature measurement by a fibre optic sensor, also known as fibre optic distributed temperature sensing (DTS). DTS includes the use of Raman scattering, Brillouin scattering and Rayleigh scattering effects. In addition, Raman scattering and Rayleigh scattering based measurements are performed with a single-ended fibre configuration only. Brillouin scattering based measurements are performed with a single-ended fibre or fibre loop configuration. The technique accessible from both sides at same time (e. g. Brillouin optical time domain analysis, BOTDA) is referred to here as a loop configuration. Generic specifications for fibre optic sensors are defined in IEC 61757-1:2012.

This part of IEC 61757 specifies the most important DTS performance parameters and defines the procedures for their determination. In addition to the group of performance parameters, a list of additional parameters has been defined to support the definition of the measurement specifications and their associated test procedures. The definitions of these additional parameters are provided for informational purposes and should be included with the sets of performance parameters.

A general test setup is defined in which all parameters can be gathered through a set of tests. The specific tests are described within the clause for each measurement parameter. This general test setup is depicted and described in Clause 4 along with a list of general information that should be documented based upon the specific DTS instrument and test setup used to measure these parameters as per IEC 61757-2-2.

Annex A provides a blank performance parameter table which should be used to record the performance parameter values for a given DTS instrument and chosen optical test setup configuration.

Annex B provides guidelines for optional determination of point defect effects.

2 Normative references

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

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 61757-1:2012, *Fibre optic sensors – Part 1: Generic specification*

IEC TR 61931, *Fibre optic – Terminology*

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

SOMMAIRE

SOMMAIRE	32
AVANT-PROPOS.....	34
INTRODUCTION.....	36
1 Domaine d'application	37
2 Références normatives	37
3 Termes et définitions	38
4 Montages d'essai généraux pour la mesure des paramètres de performance.....	42
4.1 Exigences générales et relatives aux montages d'essai	42
4.2 Informations générales à consigner dans le rapport	43
5 Procédures de mesure des paramètres de performance	44
5.1 Erreur de mesure de la température.....	44
5.1.1 Procédure et conditions d'essai	44
5.1.2 Calcul des paramètres	45
5.2 Résolution spatiale	48
5.2.1 Procédure et conditions d'essai	48
5.2.2 Calcul des paramètres	49
5.3 Répétabilité de la température	49
5.3.1 Procédure et conditions d'essai	49
5.3.2 Calcul des paramètres	50
5.3.3 Formules	51
5.4 Incertitude spatiale de la température	52
5.4.1 Procédure et conditions d'essai	52
5.4.2 Calcul des paramètres	52
5.5 Stabilité de la température ambiante.....	53
5.5.1 Procédure et conditions d'essai	53
5.5.2 Calcul des paramètres	54
5.6 Durée de préchauffage	55
5.6.1 Procédure et conditions d'essai	55
5.6.2 Calcul des paramètres	56
5.7 Plage d'affaiblissement	58
5.7.1 Procédure et conditions d'essai	58
5.7.2 Calcul des paramètres	59
Annexe A (informative) Tableau des paramètres de mesure de performance	60
Annexe B (informative) Effets des défauts ponctuels.....	62
B.1 Généralités	62
B.2 Défaut ponctuel.....	62
B.3 Procédures et conditions d'essai.....	62
Bibliographie.....	65
Figure 1 – Exemple d'une trace thermique avec points échantillons de température	40
Figure 2 – Montage d'essai général: à fibre unique	42
Figure 3 – Montage d'essai général: configuration à boucle de fibre	42
Figure 4 – Calcul de l'erreur de mesure de la température: étape 1	46
Figure 5 – Calcul de l'erreur de mesure de la température: étapes 2 à 3.....	47

Figure 6 – Calcul de l’erreur de mesure de la température: étapes 4 à 5.....	48
Figure 7 – Représentation de la résolution spatiale.....	49
Figure 8 – Répétabilité de la température calculée à partir de la Figure 4	51
Figure 9 – Incertitude spatiale de la température calculée à partir de la Figure 4	53
Figure 10 – Cycle de température ambiante (exemple pour un instrument DTS avec une plage de températures de fonctionnement de 0 °C à 40 °C)	54
Figure 11 – Méthode de calcul des paramètres de stabilité de la température ambiante	55
Figure 12 – Exemple illustrant le calcul de la durée de préchauffage	57
Figure B.1 – Mesure des défauts ponctuels (exemple)	63
Tableau A.1 – Tableau des paramètres de mesure de performance vierge.....	60

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CAPTEURS À FIBRES OPTIQUES –

Partie 2-2: Mesure de température – Détection répartie

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61757-2-2 a été établie par le sous-comité SC 86C: Systèmes et dispositifs actifs à fibres optiques, du Comité technique 86 de l'IEC: Fibres optiques.

La présente version bilingue (2020-09) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2016-05.

La version française de cet amendement n'a pas été soumise au vote.

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

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

Cette Norme internationale doit être utilisée conjointement avec l'IEC 61757-1:2012.

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

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

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

INTRODUCTION

Il a été décidé de restructurer la série IEC 61757 selon la logique suivante. Dorénavant, les sous-parties sont renumérotées sous la forme IEC 61757-*M-T* où *M* désigne la mesure et *T* la technologie.

La partie existante IEC 61757-1:2012 sera renumérotée IEC 61757 lorsqu'elle sera révisée et servira de document cadre pour toute la série.

CAPTEURS À FIBRES OPTIQUES –

Partie 2-2: Mesure de température – Détection répartie

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61757 définit les spécifications particulières de la mesure de température répartie par un capteur à fibres optiques, également connue sous l'appellation détection de température répartie (DTS) à fibres optiques. La DTS utilise les effets des diffusions de Raman, de Brillouin et de Rayleigh. De plus, les mesures basées sur une diffusion de Raman ou de Rayleigh sont uniquement effectuées avec une configuration à fibre unique. Les mesures basées sur une diffusion de Brillouin sont effectuées avec une configuration à fibre unique ou à boucle de fibre. La technique accessible simultanément des deux extrémités [par exemple Brillouin optical time domain analysis, BOTDA (analyse à capteurs à fibres optiques répartis utilisant la diffusion Brillouin dans le domaine temporel)] est appelée ici configuration à boucle. Les spécifications génériques applicables aux capteurs à fibres optiques sont définies dans l'IEC 61757-1:2012.

La présente partie de l'IEC 61757 spécifie les paramètres de performance les plus importants de la DTS et définit les procédures pour leur détermination. En plus du groupe de paramètres de performance, une liste de paramètres supplémentaires a été définie pour venir à l'appui de la définition des spécifications de mesure et de leurs procédures d'essai associées. Les définitions de ces paramètres supplémentaires sont fournies à titre d'information et il convient de les inclure dans les ensembles de paramètres de performance.

Un montage d'essai général est défini et permet d'obtenir tous les paramètres par un ensemble d'essais. Les essais spécifiques sont décrits dans l'article pour chaque paramètre de mesure. Ce montage d'essai général est décrit à l'Article 4, ainsi qu'une liste d'informations générales qu'il convient de consigner en fonction de l'instrument DTS spécifique et du montage d'essai utilisé pour mesurer ces paramètres, conformément à l'IEC 61757-2-2.

L'Annexe A fournit un tableau de paramètres de performance vierge dans lequel il convient de consigner les valeurs des paramètres de performance d'un instrument DTS donné et de la configuration choisie pour le montage d'essais optiques.

L'Annexe B fournit des lignes directrices pour la détermination facultative des effets des défauts ponctuels.

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 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electrotechnique International* (disponible sur <http://www.electropedia.org>)

IEC 61757-1:2012, *Capteurs à fibres optiques – Partie 1: Spécification générique*

IEC TR 61931, *Fibres optiques – Terminologie*

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