

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Calibration of optical time-domain reflectometers (OTDR) –
Part 2: OTDR for multimode fibres**

**Étalonnage des réflectomètres optiques dans le domaine temporel (OTDR) –
Partie 2: OTDR pour fibres multimodales**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.180.01

ISBN 978-2-8322-3067-1

**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, definitions and symbols..... | 7 |
| 4 Preparation for calibration..... | 13 |
| 4.1 Organization..... | 13 |
| 4.2 Traceability..... | 13 |
| 4.3 Preparation..... | 13 |
| 4.4 Test conditions..... | 13 |
| 4.5 Documentation..... | 13 |
| 5 Distance calibration – General..... | 14 |
| 5.1 General..... | 14 |
| 5.2 Location deviation model..... | 14 |
| 5.3 Using the calibration results..... | 16 |
| 5.4 Measuring fibre length..... | 17 |
| 6 Distance calibration methods..... | 17 |
| 6.1 General..... | 17 |
| 6.2 External source method..... | 17 |
| 6.2.1 Short description and advantage..... | 17 |
| 6.2.2 Equipment..... | 18 |
| 6.2.3 Calibration of the equipment..... | 19 |
| 6.2.4 Measurement procedure..... | 20 |
| 6.2.5 Calculations and results..... | 21 |
| 6.2.6 Uncertainties..... | 21 |
| 6.3 Concatenated fibre method (using multimode fibres)..... | 23 |
| 6.3.1 Short description and advantages..... | 23 |
| 6.3.2 Equipment..... | 23 |
| 6.3.3 Measurement procedures..... | 24 |
| 6.3.4 Calculations and results..... | 25 |
| 6.3.5 Uncertainties..... | 25 |
| 6.4 Recirculating delay line method..... | 27 |
| 6.4.1 Short description and advantages..... | 27 |
| 6.4.2 Equipment..... | 27 |
| 6.4.3 Measurement procedure..... | 28 |
| 6.4.4 Calculations and results..... | 28 |
| 6.4.5 Uncertainties..... | 29 |
| 7 Vertical scale calibration – General..... | 30 |
| 7.1 General..... | 30 |
| 7.2 Loss difference calibration..... | 31 |
| 7.2.1 Determination of the displayed power level F | 31 |
| 7.2.2 Development of a test plan..... | 31 |
| 7.3 Characterization of the OTDR source near field..... | 33 |
| 7.3.1 Objectives and references..... | 33 |
| 7.3.2 Procedure..... | 33 |

| | | |
|------------|--|----|
| 8 | Loss difference calibration method | 34 |
| 8.1 | General | 34 |
| 8.2 | Long fibre method..... | 34 |
| 8.2.1 | Short description..... | 34 |
| 8.2.2 | Equipment | 34 |
| 8.2.3 | Measurement procedure | 36 |
| 8.2.4 | Calculation and results..... | 36 |
| Annex A | (normative) Multimode recirculating delay line for distance calibration | 37 |
| Annex B | (normative) Mathematical basis | 41 |
| | Bibliography | 44 |
| | | |
| Figure 1 | – Definition of attenuation dead zone | 8 |
| Figure 2 | – Representation of the location deviation $\Delta L(L)$ | 15 |
| Figure 3 | – Equipment for calibration of the distance scale – External source method | 18 |
| Figure 4 | – Set-up for calibrating the system insertion delay..... | 19 |
| Figure 5 | – Concatenated fibres used for calibration of the distance scale..... | 23 |
| Figure 6 | – Distance calibration with a recirculating delay line | 27 |
| Figure 7 | – OTDR trace produced by recirculating delay line | 28 |
| Figure 8 | – Determining the reference level and the displayed power level | 31 |
| Figure 9 | – Region A, the recommended region for loss measurement samples | 32 |
| Figure 10 | – Possible placement of sample points within region A | 33 |
| Figure 11 | – Linearity measurement with a long fibre | 35 |
| Figure 12 | – Placing the beginning of section D_1 outside the attenuation dead zone..... | 35 |
| Figure A.1 | – Recirculating delay line..... | 37 |
| Figure A.2 | – Measurement set-up for loop transit time T_b | 38 |
| Figure A.3 | – Calibration set-up for lead-in transit time T_a | 39 |
| | | |
| Table 1 | – Additional distance uncertainty..... | 16 |
| Table 2 | – Attenuation coefficients defining region A..... | 32 |

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CALIBRATION OF OPTICAL TIME-DOMAIN
REFLECTOMETERS (OTDR) –**
Part 2: OTDR for multimode fibres

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 61746-2 has been prepared by IEC technical committee 86: Fibre optics.

This bilingual version (2015-12) corresponds to the monolingual English version, published in 2010-06.

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

| | |
|------------|------------------|
| CDV | Report on voting |
| 86/336/CDV | 86/359/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.

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

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

A list of all parts of IEC 61746 series, under the general title *Calibration of optical time-domain reflectometers (OTDR)*, can be found on the IEC website.

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

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

INTRODUCTION

In order for an optical time-domain reflectometer (OTDR) to qualify as a candidate for complete calibration using this standard, it must be equipped with the following minimum feature set:

- a) the ability to measure type A1a or A1b IEC 60793-2-10 fibres;
- b) a programmable index of refraction, or equivalent parameter;
- c) the ability to present a display of a trace representation, with a logarithmic power scale and a linear distance scale;
- d) two markers/cursors, which display the loss and distance between any two points on a trace display;
- e) the ability to measure absolute distance (location) from the OTDR's zero-distance reference;
- f) the ability to measure the displayed power level relative to a reference level (for example, the clipping level).

Calibration methods described in this standard may look similar to those provided in Part 1 of this series. However, there are differences: mix of different fibre types, use of mode conditioner or different arrangement of the fibres. This leads to different calibration processes as well as different uncertainties analysis.

CALIBRATION OF OPTICAL TIME-DOMAIN REFLECTOMETERS (OTDR) –

Part 2: OTDR for multimode fibres

1 Scope

This part of IEC 61746 provides procedures for calibrating multimode optical time domain reflectometers (OTDR). It covers OTDR measurement errors and uncertainties. The test of the laser(s) source modal condition is included as an optional measurement.

This standard does not cover correction of the OTDR response.

2 Normative references

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

IEC 60793-2-10, *Optical fibres – Part 2-10: Product specifications – Sectional specification for category A1 multimode fibres*

IEC 60793-2-50, *Optical fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specification for class B single-mode fibres*

IEC 61280-1-4, *Fibre optic communication subsystem test procedures – Part 1-4: General communication subsystems – Light source encircled flux measurement method*

IEC 61280-4-1, *Fibre optic communication subsystem test procedures – Part 4-1: Installed cable plant – Multimode attenuation measurement*

IEC 61745, *End-face image analysis procedure for the calibration of optical fibre geometry test sets*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| AVANT-PROPOS | 48 |
| INTRODUCTION | 50 |
| 1 Domaine d'application | 51 |
| 2 Références normatives | 51 |
| 3 Termes, définitions et symboles | 51 |
| 4 Préparation pour l'étalonnage | 57 |
| 4.1 Organisation | 57 |
| 4.2 Traçabilité | 57 |
| 4.3 Préparation | 57 |
| 4.4 Conditions d'essai | 57 |
| 4.5 Documentation | 58 |
| 5 Étalonnage des distances – Généralités | 58 |
| 5.1 Généralités | 58 |
| 5.2 Modèle d'écart de position | 59 |
| 5.3 Utilisation des résultats d'étalonnage | 60 |
| 5.4 Mesure des longueurs de fibre | 61 |
| 6 Méthodes d'étalonnage des distances | 62 |
| 6.1 Généralités | 62 |
| 6.2 Méthode de la source externe | 62 |
| 6.2.1 Description sommaire et avantages | 62 |
| 6.2.2 Équipement | 62 |
| 6.2.3 Étalonnage du banc de mesure | 63 |
| 6.2.4 Procédure de mesure | 65 |
| 6.2.5 Calculs et résultats | 66 |
| 6.2.6 Incertitudes | 66 |
| 6.3 Méthode des ajouts de fibres (utilisant des fibres multimodales) | 68 |
| 6.3.1 Description sommaire et avantages | 68 |
| 6.3.2 Équipement | 68 |
| 6.3.3 Procédures de mesure | 69 |
| 6.3.4 Calculs et résultats | 70 |
| 6.3.5 Incertitudes | 70 |
| 6.4 Méthode de la boucle de retard | 72 |
| 6.4.1 Description sommaire et avantages | 72 |
| 6.4.2 Équipement | 72 |
| 6.4.3 Procédure de mesure | 73 |
| 6.4.4 Calculs et résultats | 74 |
| 6.4.5 Incertitudes | 74 |
| 7 Étalonnage de l'axe vertical – Généralités | 76 |
| 7.1 Généralités | 76 |
| 7.2 Étalonnage de différence d'affaiblissements | 76 |
| 7.2.1 Détermination du niveau de puissance affiché F | 76 |
| 7.2.2 Élaboration d'un plan d'essai | 77 |
| 7.3 Caractérisation du champ proche de la source de l'OTDR | 79 |
| 7.3.1 Objectifs et références | 79 |
| 7.3.2 Procédure | 79 |

| | | |
|-------|---|----|
| 8 | Méthode d'étalonnage de différence d'affaiblissements | 80 |
| 8.1 | Généralités | 80 |
| 8.2 | Méthode «longue fibre» | 80 |
| 8.2.1 | Description sommaire | 80 |
| 8.2.2 | Équipement | 80 |
| 8.2.3 | Procédure de mesure..... | 82 |
| 8.2.4 | Calcul et résultats | 82 |
| | Annexe A (normative) Boucle de retard multimodale pour l'étalonnage des distances | 83 |
| | Annexe B (normative) Bases mathématiques..... | 87 |
| | Bibliographie | 90 |
| | Figure 1 – Définition de la zone morte en affaiblissement | 52 |
| | Figure 2 – Représentation de l'écart de position $\square(L)$ | 60 |
| | Figure 3 – Banc de mesure pour l'étalonnage de l'échelle des distances – Méthode de la source externe | 63 |
| | Figure 4 – Montage pour l'étalonnage du retard à l'insertion du système | 64 |
| | Figure 5 – Ajouts de fibres utilisés pour l'étalonnage de l'échelle des distances | 68 |
| | Figure 6 – Étalonnage des distances au moyen d'une boucle de retard | 72 |
| | Figure 7 – Trace de l'OTDR produite par une boucle de retard..... | 73 |
| | Figure 8 – Détermination du niveau de référence et du niveau de puissance affiché..... | 77 |
| | Figure 9 – Région A, recommandée pour les échantillons de mesure d'affaiblissement | 78 |
| | Figure 10 – Placement possible des points d'échantillons à l'intérieur de la région A | 79 |
| | Figure 11 – Mesure de la linéarité avec une longue fibre..... | 81 |
| | Figure 12 – Placement du début de la section $D1$ hors de la zone morte en affaiblissement..... | 81 |
| | Figure A.1 – Boucle de retard | 83 |
| | Figure A.2 – Montage de mesure du temps de propagation de la boucle T_b | 84 |
| | Figure A.3 – Banc d'étalonnage du temps de propagation dans la fibre amorce T_a | 85 |
| | Tableau 1 – Incertitudes supplémentaires sur la distance | 61 |
| | Tableau 2 – Affaiblissement linéique définissant la région A | 77 |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉTALONNAGE DES RÉFLECTOMÈTRES OPTIQUES DANS LE DOMAINE TEMPOREL (OTDR) –

Partie 2: OTDR pour fibres multimodales

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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61746-2 a été établie par le comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques.

La présente version bilingue (2015-12) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2010-06.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 86/336/CDV et 86/359/RVC.

Le rapport de vote 86/359/RVC donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61746, publiées sous le titre général *Étalonnage des réflectomètres optiques dans le domaine temporel (OTDR)*, est disponible sur le site internet de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance 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.

INTRODUCTION

Pour qu'un réflectomètre optique dans le domaine temporel (OTDR) puisse être étalonné complètement selon la présente norme, il faut qu'il soit au minimum équipé des fonctions et dispositifs suivants:

- a) la possibilité de mesurer des fibres de type A1a ou A1b de l'IEC 60793-2-10;
- b) un indice de réfraction programmable, ou un paramètre équivalent;
- c) la possibilité d'afficher une représentation graphique du signal, avec une échelle de puissance logarithmique et une échelle de distance linéaire;
- d) deux marqueurs ou curseurs, qui affichent l'affaiblissement et la distance entre deux points quelconques de la courbe affichée du signal;
- e) la possibilité de mesurer la distance absolue (position) à partir du point de référence zéro de l'OTDR;
- f) la possibilité de mesurer le niveau de puissance affiché par rapport à un niveau de référence (par exemple le niveau de saturation).

Les méthodes d'étalonnage décrites dans la présente norme peuvent ressembler à celles présentées dans la Partie 1 de la présente série. Ces méthodes comportent toutefois les différences suivantes: mélange de différents types de fibres, utilisation de conditionneur de mode ou différentes dispositions des fibres. Cela conduit à différents processus d'étalonnage et différentes analyses de l'incertitude.

ÉTALONNAGE DES RÉFLECTOMÈTRES OPTIQUES DANS LE DOMAINE TEMPOREL (OTDR) –

Partie 2: OTDR pour fibres multimodales

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61746 fournit des procédures destinées à l'étalonnage des réflectomètres optiques dans le domaine de temps pour fibres multimodales (OTDR). Elle traite des erreurs de mesure et incertitudes de l'OTDR. L'essai des conditions modales des sources laser est une mesure facultative.

La présente norme ne couvre pas la correction de la réponse de l'OTDR.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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 60793-2-10, *Fibres optiques – Partie 2-10: Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres multimodales de catégorie A1*

IEC 60793-2-50, *Fibres optiques – Partie 2-50: Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres unimodales de classe B*

IEC 61280-1-4, *Procédures d'essai des sous-systèmes de communication par fibres optiques – Partie 1-4: Sous-systèmes généraux de télécommunication – Recueil et réduction de données à deux dimensions de champs proches pour les émetteurs de laser à fibres multimodales*

IEC 61280-4-1, *Procédures d'essai des sous-systèmes de communication par fibres optiques – Partie 4-1: Installation câblées – Mesure de l'affaiblissement en multimodal*

IEC 61745, *Procédure d'analyse d'image d'extrémité pour l'étalonnage de dispositifs d'essais de géométrie des fibres optiques*

ISO/IEC 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*