

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61746

Deuxième édition
Second edition
2005-01

**Etalonnage des réflectomètres optiques
dans le domaine de temps (OTDR)**

**Calibration of optical time-domain
reflectometers (OTDR)**

© IEC 2005 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XD**

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	8
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives.....	12
3 Termes, définitions et symboles.....	14
4 Exigences concernant les essais d'étalonnage.....	26
4.1 Préparation	26
4.2 Conditions d'essais	26
4.3 Traçabilité	28
5 Etalonnage des distances – Généralités	28
5.1 Modèle d'erreur de position	28
5.2 Utilisation des résultats d'étalonnage.....	32
5.3 Mesure des longueurs de fibre.....	32
6 Méthodes d'étalonnage des distances.....	34
6.1 Méthode de la source externe.....	34
6.2 Méthode des ajouts de fibres	44
6.3 Méthode de la boucle de retard.....	52
7 Etalonnage des affaiblissements – Généralités	62
7.1 Détermination du niveau de puissance affiché F	62
7.2 Détermination d'un affaiblissement de référence approprié A_{ref}	64
7.3 Elaboration d'un plan d'essai	64
7.4 Dépendance envers la polarisation	68
7.5 Calcul des résultats d'étalonnage	70
7.6 Utilisation des résultats d'étalonnage.....	72
8 Méthodes d'étalonnage de l'affaiblissement	72
8.1 Etalonnage de l'affaiblissement avec une fibre étalon	72
8.2 Méthode de la source externe (voir Figure 16)	80
8.3 Méthode du simulateur d'épissure.....	88
8.4 Méthode de la réduction de puissance	96
9 Etalonnage de la réflectance	104
9.1 Mesure de réflectance (voir Figure 23).....	104
9.2 Utilisation du paramètre de rétrodiffusion, K	106
9.3 Gamme de mesures de réflectance	108
9.4 Elaboration d'un plan d'essai	110
9.5 Equipement	112
9.6 Procédure de mesure	114
10 Documentation	116
10.1 Résultats de mesure et incertitudes	116
10.2 Conditions de mesure.....	118
Annexe A (normative) Boucle à décalage pour l'étalonnage des distances.....	120
Annexe B (normative) Fibre optique étalon pour l'étalonnage de l'affaiblissement.....	128
Annexe C (normative) Simulateur d'épissure étalon pour l'étalonnage des affaiblissements.....	136
Annexe D (informativa) Bases mathématiques	146

CONTENTS

FOREWORD	9
1 Scope	13
2 Normative references	13
3 Terms, definitions and symbols.....	15
4 Calibration test requirements	27
4.1 Preparation	27
4.2 Test conditions	27
4.3 Traceability	29
5 Distance calibration – General.....	29
5.1 Location error model.....	29
5.2 Using the calibration results.....	33
5.3 Measuring fibre length	33
6 Distance calibration methods	35
6.1 External source method	35
6.2 Concatenated fibre method.....	45
6.3 Recirculating delay line method	53
7 Loss calibration – General	63
7.1 Determination of the displayed power level F	63
7.2 Selection of an appropriate reference loss A_{ref}	65
7.3 Development of a test plan	65
7.4 Polarization dependence	69
7.5 Calculation of the calibration results	71
7.6 Using the calibration results.....	73
8 Loss calibration methods	73
8.1 Loss calibration with fibre standard.....	73
8.2 External source method (see Figure 16).....	81
8.3 Splice simulator method	89
8.4 Power reduction method	97
9 Reflectance calibration	105
9.1 Reflectance measurements (see Figure 23)	105
9.2 Use of the backscatter parameter, K	107
9.3 Range of reflectance measurement.....	109
9.4 Development of a test plan	111
9.5 Equipment	113
9.6 Measurement procedure	115
10 Documentation	117
10.1 Measurement data and uncertainties	117
10.2 Test conditions	119
Annex A (normative) Recirculating delay line for distance calibration.....	121
Annex B (normative) Optical fibre standard for loss calibration	129
Annex C (normative) Standard splice simulator for loss calibration	137
Annex D (informative) Mathematical basis.....	147

Annexe E (normative) Etalon de réflectance	154
Annexe F (normative) Version simple de l'étalon de réflectance	168
Annexe G (informative) Bases des OTDR: Théorie de la rétrodiffusion – Mesure de réflectance en utilisant un OTDR – Détermination du paramètre de rétrodiffusion de la fibre.....	176
Bibliographie	188
Figure 1 – Définition de la zone morte en affaiblissement.....	14
Figure 2 – Représentation de l'erreur de position $\Delta L(L)$	30
Figure 3 – Banc de mesure pour l'étalonnage de l'échelle des distances – Méthode de la source externe.....	36
Figure 4 – Montage pour l'étalonnage du retard à l'insertion du système	38
Figure 5 – Ajouts de fibres utilisés pour l'étalonnage de l'échelle des distances	46
Figure 6 – Etalonnage des distances au moyen d'une boucle de retard	54
Figure 7 – Trace de l'OTDR produite par une boucle de retard	56
Figure 8 – Détermination du niveau de référence et du niveau de puissance affiché	62
Figure 9 – Mesure des échantillons d'affaiblissement de l'OTDR.....	64
Figure 10 – Région A, recommandée pour les échantillons de mesure d'affaiblissement.....	66
Figure 11 – Placement possible des points d'échantillons à l'intérieur de la région A	68
Figure 12 – Méthode de la source externe pour l'essai de dépendance des OTDR envers la polarisation.....	68
Figure 13 – Méthode de la réflexion pour l'essai de dépendance envers la polarisation des OTDR	70
Figure 14 – Etalonnage de l'affaiblissement avec une fibre étalon	74
Figure 15 – Placement du début de la section D_1 hors de la zone morte en affaiblissement	76
Figure 16 – Etalonnage de l'affaiblissement à l'aide de la méthode de la source externe.....	82
Figure 17 – Position et mesures concernant la méthode de la source externe.....	86
Figure 18 – Montage pour l'étalonnage d'affaiblissement avec un simulateur d'épissure.....	90
Figure 19 – Ecran de l'OTDR avec simulateur d'épissure	90
Figure 20 – Mesure de l'affaiblissement d'épissure.....	92
Figure 21 – Etalonnage de l'affaiblissement avec la variante «fin de fibre» de la méthode de réduction de puissance	100
Figure 22 – Etalonnage de l'affaiblissement avec la variante «longue fibre» de la méthode de réduction de puissance	100
Figure 23 – Paramètres intervenant dans les mesures de réflectance.....	106
Figure 24 – La même réflectance à l'extrémité de trois fibres ayant des paramètres de rétrodiffusion différents présente des impulsions d'amplitude différentes	108
Figure 25 – Valeurs maximales et minimales de l'amplitude de l'impulsion, ΔF	110
Figure 26 – Gamme de mesures de réflectance.....	110
Figure 27 – Détermination des valeurs par défaut du niveau de puissance affichée et de la position.....	112
Figure 28 – Montage pour l'étalonnage de réflectance.....	114

Annex E (normative) Reflectance standard.....	155
Annex F (normative) Simple version of reflectance standard.....	169
Annex G (informative) OTDR basis: Backscatter theory – Reflectance measurements using an OTDR – Determination of fibre backscatter parameter.....	177
 Bibliography	 189
 Figure 1 – Definition of attenuation dead zone	 15
Figure 2 – Representation of the location error $\Delta L(L)$	31
Figure 3 – Equipment for calibration of the distance scale – External source method	37
Figure 4 – Set-up for calibrating the system insertion delay	39
Figure 5 – Concatenated fibres used for calibration of the distance scale	47
Figure 6 – Distance calibration with a recirculating delay line	55
Figure 7 – OTDR trace produced by recirculating delay line	57
Figure 8 – Determining the reference level and the displayed power level.....	63
Figure 9 – Measurement of the OTDR loss samples	65
Figure 10 – Region A, the recommended region for loss measurement samples	67
Figure 11 – Possible placement of sample points within region A	69
Figure 12 – External source method for testing the polarization dependence of the OTDR ...	69
Figure 13 – Reflection method for testing the polarization dependence of the OTDR.....	71
Figure 14 – Loss calibration with a fibre standard.....	75
Figure 15 – Placing the beginning of section D_1 outside the attenuation dead zone	77
Figure 16 – Loss calibration with the external source method	83
Figure 17 – Location and measurements for external source method	87
Figure 18 – Set-up for loss calibration with splice simulator.....	91
Figure 19 – OTDR display with splice simulator.....	91
Figure 20 – Measurement of the splice loss	93
Figure 21 – Loss calibration with "fibre-end" variant of the power reduction method.....	101
Figure 22 – Loss calibration with "long-fibre" variant of the power reduction method	101
Figure 23 – Parameters involved in reflectance measurements.....	107
Figure 24 – The same reflectance at the end of three fibres with different values of the backscatter parameter shows different pulse amplitudes	109
Figure 25 – Maximum and minimum values for the pulse amplitude, ΔF	111
Figure 26 – Range of reflectance measurement	111
Figure 27 – Determining the default displayed power level and the default location.....	113
Figure 28 – Set-up for reflectance calibration	115

Figure A.1 – Boucle à décalage	120
Figure A.2 – Montage de mesure du temps de propagation de la boucle T_b	122
Figure A.3 – Banc d'étalonnage du temps de propagation dans la fibre amorce T_a	124
Figure B.1 – Détermination de la zone de grande linéarité	130
Figure B.2 – Essai d'uniformité de la rétrodiffusion le long de la fibre étalon	132
Figure C.1 – Simulateur d'épissure et trace de réflectométrie idéale	136
Figure C.2 – Détermination de l'affaiblissement de référence A_{ref}	140
Figure D.1 – Ecart et incertitude de type B, et comment remplacer les deux paramètres par une incertitude appropriée plus large	148
Figure E.1 – Description et trace de l'étalon de réflectance	154
Figure E.2 – Montage de d'étalonnage et points de référence pour l'étalonnage	162
Figure F.1 – Description et trace de l'étalon de réflectance	168
Figure F.2 – Montage de d'étalonnage et points de référence pour l'étalonnage	174
Figure G.1 – Signaux d'OTDR utilisés pour déterminer la réflectance	180
Figure G.2 – Montage pour la mesure du coefficient de rétrodiffusion	184
Tableau 1 – Affaiblissement linéique définissant la région A	66

Figure A.1 – Recirculating delay line	121
Figure A.2 – Measurement set-up for loop transit time T_b	123
Figure A.3 – Calibration set-up for lead-in transit time T_a	125
Figure B.1 – Determination of a highly linear power range	131
Figure B.2 – Testing the longitudinal backscatter uniformity of the fibre standard	133
Figure C.1 – Splice simulator and idealized OTDR signature	137
Figure C.2 – Determination of the reference loss A_{ref}	141
Figure D.1 – Deviation and uncertainty type B, and how to replace both by an appropriately larger uncertainty	149
Figure E.1 – Reflectance standard description and trace	155
Figure E.2 – Calibration set up and reference points for calibration	163
Figure F.1 – Reflectance standard description and trace	169
Figure F.2 – Calibration set up and reference points for calibration	175
Figure G.1 – OTDR signals used for determining reflectance	181
Figure G.2 – Set-up for measurement of the backscatter coefficient	185
Table 1 – Attenuation coefficients defining region A	67

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉTALONNAGE DES RÉFLECTOMÈTRES OPTIQUES DANS LE DOMAINE DE TEMPS (OTDR)

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI 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 CEI 61746 a été établie par le comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2001. Cette deuxième édition constitue une révision technique. Les changements techniques spécifiques incluent le développement de l'Article 9, « Etalonnage de la réflectance », et l'introduction des Annexes E, F et G.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86/230/FDIS	86/232/RVD

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CALIBRATION OF OPTICAL TIME-DOMAIN
REFLECTOMETERS (OTDR)**
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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 has been prepared by IEC technical committee 86: Fibre optics.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2001. It constitutes a technical revision. Specific technical changes include the development of Clause 9, "Reflectance calibration," and the introduction of Annexes E, F and G.

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

FDIS	Report on voting
86/230/FDIS	86/232/RVD

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

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

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 la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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.

ÉTALONNAGE DES RÉFLECTOMÈTRES OPTIQUES DANS LE DOMAINE DE TEMPS (OTDR)

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale fournit des procédures destinées à l'étalonnage des réflectomètres optiques dans le domaine de temps pour fibres unimodales (OTDR). Elle ne traite que des erreurs de mesure et incertitudes de l'OTDR.

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

Pour qu'un OTDR puisse être étalonné complètement selon la présente norme, il faut qu'il soit au minimum équipé des fonctions et dispositifs suivants:

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

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).

CEI 60793-1 (toutes les parties), *Fibres optiques – Partie 1: Méthodes de mesure et procédures d'essai*

CEI 60793-1-40, *Fibres optiques – Partie 1-40: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Affaiblissement*

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

CEI 61300-3-2, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 3-2: Examens et mesures – Dépendance à la polarisation de l'affaiblissement dans un dispositif pour fibres optiques monomodes*

Recommandation UIT-T G.650.1:2004, *Définitions et méthodes de test applicables aux attributs linéaires déterministes des fibres et câbles optiques monomodes*

Recommandation UIT-T G.650.2:2002, *Définitions et méthodes de test applicables aux attributs se rapportant aux caractéristiques statistiques et non linéaires des fibres et câbles optiques monomodes*

CALIBRATION OF OPTICAL TIME-DOMAIN REFLECTOMETERS (OTDR)

1 Scope

This International Standard provides procedures for calibrating single-mode optical time domain reflectometers (OTDR). It only covers OTDR measurement errors and uncertainties.

This standard does not cover correction of the OTDR response.

In order for an OTDR to qualify as a candidate for complete calibration using this standard, it must be equipped with the following minimum feature set:

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

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 60793-1 (all parts), *Optical fibres – Part 1: Measurement methods and test procedures*

IEC 60793-1-40, *Optical fibres – Part 1-40: Measurement methods and test procedures – Attenuation*

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

IEC 61300-3-2, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-2: Examinations and measurements – Polarization dependence of attenuation in a single-mode fibre optic device*

ITU-T Recommendation G.650.1:2004, *Definitions and test methods for linear, deterministic attributes of single-mode fibre and cable*

ITU-T Recommendation G.650.2:2002, *Definitions and test methods for statistical and non-linear attributes of single-mode fibre and cable*