

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61746**

Première édition  
First edition  
2001-09

---

---

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

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

© IEC 2001 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  
Telefax: +41 22 919 0300

e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland  
IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE **XB**

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

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	8
1 Généralités .....	10
1.1 Domaine d'application .....	10
1.2 Références normatives .....	10
2 Définitions .....	12
3 Exigences concernant les essais d'étalonnage .....	22
3.1 Préparation .....	22
3.2 Conditions d'essais .....	22
3.3 Traçabilité .....	22
4 Etalonnage des distances – Généralités .....	24
4.1 Modèle d'erreur de position .....	24
4.2 Utilisation des résultats d'étalonnage .....	28
4.3 Mesure des longueurs de fibre .....	28
5 Méthodes d'étalonnage des distances .....	30
5.1 Méthode de la source externe .....	30
5.1.1 Description sommaire et avantages .....	30
5.1.2 Equipement .....	30
5.1.3 Procédure de mesure .....	34
5.1.4 Calculs et résultats .....	36
5.1.5 Incertitudes .....	36
5.2 Méthode des ajouts de fibres .....	40
5.2.1 Description sommaire et avantages .....	40
5.2.2 Equipement .....	40
5.2.3 Procédures de mesure .....	42
5.2.4 Calculs et résultats .....	44
5.2.5 Incertitudes .....	46
5.3 Méthode de la boucle de retard .....	48
5.3.1 Description sommaire et avantages .....	48
5.3.2 Equipement .....	48
5.3.3 Procédure de mesure .....	50
5.3.4 Calculs et résultats .....	52
5.3.5 Incertitudes .....	52
6 Etalonnage des affaiblissements – Généralités .....	56
6.1 Détermination du niveau de puissance affiché $F$ .....	56
6.2 Détermination d'un affaiblissement de référence approprié $A_{ref}$ .....	58
6.3 Elaboration d'un plan d'essai .....	58
6.4 Dépendance envers la polarisation .....	62
6.5 Calcul des résultats d'étalonnage .....	64
6.6 Utilisation des résultats d'étalonnage .....	66

## CONTENTS

FOREWORD .....	9
1 General.....	11
1.1 Scope .....	11
1.2 Normative references .....	11
2 Definitions.....	13
3 Calibration test requirements.....	23
3.1 Preparation .....	23
3.2 Test conditions.....	23
3.3 Traceability .....	23
4 Distance calibration – General.....	25
4.1 Location error model .....	25
4.2 Using the calibration results .....	29
4.3 Measuring fibre length.....	29
5 Distance calibration methods.....	31
5.1 External source method .....	31
5.1.1 Short description and advantage.....	31
5.1.2 Equipment.....	31
5.1.3 Measurement procedure.....	35
5.1.4 Calculations and results .....	37
5.1.5 Uncertainties .....	37
5.2 Concatenated fibre method .....	41
5.2.1 Short description and advantages.....	41
5.2.2 Equipment.....	41
5.2.3 Measurement procedures .....	43
5.2.4 Calculations and results .....	45
5.2.5 Uncertainties .....	47
5.3 Recirculating delay line method .....	49
5.3.1 Short description and advantage.....	49
5.3.2 Equipment.....	49
5.3.3 Measurement procedures .....	51
5.3.4 Calculations and results .....	53
5.3.5 Uncertainties .....	53
6 Loss calibration – General.....	57
6.1 Determination of the displayed power level $F$ .....	57
6.2 Selection of an appropriate reference loss $A_{ref}$ .....	59
6.3 Development of a test plan.....	59
6.4 Polarization dependence .....	63
6.5 Calculation of the calibration results .....	65
6.6 Using the calibration results .....	67

7	Méthodes d'étalonnage de l'affaiblissement.....	66
7.1	Etalonnage de l'affaiblissement avec une fibre étalon .....	66
7.1.1	Description sommaire et avantages .....	66
7.1.2	Matériel.....	66
7.1.3	Procédure de mesure .....	70
7.1.4	Calculs et résultats.....	70
7.1.5	Incertitudes .....	72
7.2	Méthode de la source externe .....	74
7.2.1	Description sommaire et avantages .....	74
7.2.2	Equipement.....	74
7.2.3	Procédure de mesure .....	76
7.2.4	Calculs et résultats.....	78
7.2.5	Incertitudes .....	80
7.3	Méthode du simulateur d'épissure .....	80
7.3.1	Description sommaire et avantages .....	80
7.3.2	Equipements .....	82
7.3.3	Procédure .....	84
7.3.4	Calculs et résultats.....	86
7.3.5	Incertitudes .....	88
7.4	Méthode de la réduction de puissance.....	88
7.4.1	Description sommaire et avantages .....	88
7.4.2	Equipement.....	90
7.4.3	Procédure de mesure .....	94
7.4.4	Calculs et résultats.....	94
7.4.5	Incertitudes .....	94
8	Etalonnage de la réflectance .....	96
9	Documentation .....	96
9.1	Résultats de mesure et incertitudes.....	96
9.2	Conditions de mesure .....	98
Annexe A (normative)	Boucle à décalage pour l'étalonnage des distances.....	100
A.1	Construction .....	100
A.2	Etalonnage.....	100
A.3	Incertitudes.....	104
A.4	Documentation.....	106
Annexe B (normative)	Fibre de référence pour l'étalonnage de l'affaiblissement .....	108
B.1	Exigences relatives à la fibre.....	108
B.2	Vérification de la conformité de la fibre.....	108
B.3	Préparation et étalonnage de la fibre étalon.....	112
B.4	Ré-étalonnage de la fibre étalon.....	114
B.5	Incertitude de la fibre étalon .....	114
B.6	Documentation.....	114
Annexe C (normative)	Simulateur d'épissure étalon pour l'étalonnage des affaiblissements ..	116
C.1	Structure.....	116
C.2	Préparation du simulateur d'épissure étalon .....	118
C.3	Procédure d'étalonnage .....	118
C.4	Incertitudes.....	120
C.5	Documentation.....	122

7	Loss calibration methods.....	67
7.1	Loss calibration with fibre standard.....	67
7.1.1	Short description and advantage.....	67
7.1.2	Equipment.....	67
7.1.3	Measurement procedure.....	71
7.1.4	Calculations and results .....	71
7.1.5	Uncertainties.....	73
7.2	External source method .....	75
7.2.1	Short description and advantage.....	75
7.2.2	Equipment.....	75
7.2.3	Measurement procedure.....	77
7.2.4	Calculations and results .....	79
7.2.5	Uncertainties.....	81
7.3	Splice simulator method.....	81
7.3.1	Short description and advantage.....	81
7.3.2	Equipment.....	83
7.3.3	Procedure .....	85
7.3.4	Calculations and results .....	87
7.3.5	Uncertainties.....	89
7.4	Power reduction method.....	89
7.4.1	Short description and advantage.....	89
7.4.2	Equipment.....	91
7.4.3	Measurement procedure.....	95
7.4.4	Calculations and results .....	95
7.4.5	Uncertainties.....	95
8	Reflectance calibration.....	97
9	Documentation.....	97
9.1	Measurement data and uncertainties.....	97
9.2	Test conditions.....	99
Annex A (normative)	Recirculating delay line for distance calibration.....	101
A.1	Construction .....	101
A.2	Calibration .....	101
A.3	Uncertainties.....	105
A.4	Documentation.....	107
Annex B (normative)	Optical fibre standard for loss calibration.....	109
B.1	Fibre requirements.....	109
B.2	Suitability check of the fibre.....	109
B.3	Preparation and calibration of the fibre standard.....	113
B.4	Recalibration of the optical fibre standard.....	115
B.5	Uncertainty of the fibre standard.....	115
B.6	Documentation.....	115
Annex C (normative)	Standard splice simulator for loss calibration.....	117
C.1	Structure.....	117
C.2	Preparation of the standard splice simulator .....	119
C.3	Calibration procedure .....	119
C.4	Uncertainties.....	121
C.5	Documentation.....	123

Annexe D (informative) Bases mathématiques .....	124
D.1 Ecart .....	124
D.2 Incertitudes de type A.....	124
D.3 Incertitudes de type B.....	126
D.4 Calcul d'incertitudes.....	128
D.5 Rapport.....	130
Figure 1 – Définition de la zone morte en affaiblissement.....	12
Figure 2 – Représentation de l'erreur de position $\Delta L(L)$ .....	26
Figure 3 – Banc de mesure pour l'étalonnage de l'échelle des distances – Méthode de la source externe.....	30
Figure 4 – Montage pour l'étalonnage du retard à l'insertion du système .....	32
Figure 5 – Ajouts de fibres utilisés pour l'étalonnage de l'échelle des distances.....	40
Figure 6 – Etalonnage des distances au moyen d'une boucle de retard .....	48
Figure 7 – Trace de l'OTDR produite par une boucle de retard .....	50
Figure 8 – Détermination du niveau de référence et du niveau de puissance affiché .....	56
Figure 9 – Mesure des échantillons d'affaiblissement de l'OTDR.....	58
Figure 10 – Région A, recommandée pour les échantillons de mesure d'affaiblissement.....	60
Figure 11 – Placement possible des points d'échantillons à l'intérieur de la région A .....	62
Figure 12 – Méthode de la source externe pour l'essai de dépendance des OTDR envers la polarisation.....	62
Figure 13 – Méthode de la réflexion pour l'essai de la dépendance envers la polarisation des OTDR.....	64
Figure 14 – Etalonnage de l'affaiblissement avec une fibre étalon .....	68
Figure 15 – Placement du début de la section $D_1$ hors de la zone morte en affaiblissement...	68
Figure 16 – Etalonnage de l'affaiblissement à l'aide de la méthode de la source externe .....	74
Figure 17 – Position et mesures concernant la méthode de la source externe .....	78
Figure 18 – Montage pour l'étalonnage d'affaiblissement avec un simulateur d'épissure .....	82
Figure 19 – Ecran de l'OTDR avec simulateur d'épissure (le petit cercle représente la réponse de l'OTDR à l'affaiblissement de référence).....	82
Figure 20 – Mesure de l'affaiblissement d'épissure .....	84
Figure 21 – Etalonnage de l'affaiblissement avec la variante «fin de fibre» de la méthode de réduction de puissance.....	92
Figure 22 – Etalonnage de l'affaiblissement avec la variante «longue fibre» de la méthode de réduction de puissance .....	92
Figure A.1 – Boucle à décalage .....	100
Figure A.2 – Montage de mesure du temps de propagation de la boucle $T_b$ .....	102
Figure A.3 – Banc d'étalonnage du temps de propagation dans la fibre amorce $T_a$ .....	104
Figure B.1 – Détermination de la zone de grande linéarité.....	110
Figure B.2 – Essai d'uniformité de l'affaiblissement longitudinal de la fibre étalon.....	112
Figure C.1 – Simulateur d'épissure et trace de réflectométrie idéale.....	116
Figure C.2 – Détermination de l'affaiblissement de référence $A_{ref}$ .....	120
Figure D.1 – Ecart et incertitude de type B, et comment remplacer les deux paramètres par une incertitude appropriée plus large .....	126
Tableau 1 – Coefficients d'affaiblissement définissant la région A .....	60

Annex D (informative) Mathematical basis .....	125
D.1 Deviations.....	125
D.2 Uncertainties type A .....	125
D.3 Uncertainties type B .....	127
D.4 Accumulation of uncertainties.....	129
D.5 Reporting.....	131
Figure 1 – Definition of attenuation dead zone.....	13
Figure 2 – Representation of the location error $\Delta L(L)$ .....	27
Figure 3 – Equipment for calibration of the distance scale – External source method.....	31
Figure 4 – Set-up for calibrating the system insertion delay .....	33
Figure 5 – Concatenated fibres used for calibration of the distance scale.....	41
Figure 6 – Distance calibration with a recirculating delay line.....	49
Figure 7 – OTDR trace produced by recirculating delay line.....	51
Figure 8 – Determining the reference level and the displayed power level.....	57
Figure 9 – Measurement of the OTDR loss samples.....	59
Figure 10 – Region A, the recommended region for loss measurement samples.....	61
Figure 11 – Possible placement of sample points within region A .....	63
Figure 12 – External source method for testing the polarization dependence of the OTDR.....	63
Figure 13 – Reflection method for testing the polarization dependence of the OTDR.....	65
Figure 14 – Loss calibration with a fibre standard.....	69
Figure 15 – Placing the beginning of section $D_1$ outside the attenuation dead zone.....	69
Figure 16 – Loss calibration with the external source method .....	75
Figure 17 – Location and measurements for external source method.....	79
Figure 18 – Set-up for loss calibration with splice simulator.....	83
Figure 19 – OTDR display with splice simulator (the smaller circle represents the OTDR response to the reference loss).....	83
Figure 20 – Measurement of the splice loss .....	85
Figure 21 – Loss calibration with "fibre-end" variant of the power reduction method.....	93
Figure 22 – Loss calibration with "long-fibre" variant of the power reduction method .....	93
Figure A.1 – Recirculating delay line .....	101
Figure A.2 – Measurement set-up for loop transit time $T_b$ .....	103
Figure A.3 – Calibration set up for lead-in transit time $T_a$ .....	105
Figure B.1 – Determination of a highly linear power range .....	111
Figure B.2 – Testing the longitudinal backscatter uniformity of the fibre standard.....	113
Figure C.1 – Splice simulator and idealized OTDR signature .....	117
Figure C.2 – Determination of the reference loss $A_{ref}$ .....	121
Figure D.1 – Deviation and uncertainty type B, and how to replace both by an appropriately larger uncertainty.....	127
Table 1 – Attenuation coefficients defining region A .....	61

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

### AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) 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. 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86/175/FDIS	86/177/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.

Les annexes A, B et C font partie intégrante de cette norme.

L'annexe D est donnée uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2002. A cette date, la publication sera

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



## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

### CALIBRATION OF OPTICAL TIME-DOMAIN REFLECTOMETERS (OTDRs)

#### FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The 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.

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

FDIS	Report on voting
86/175/FDIS	86/177/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.

Annexes A, B and C form an integral part of this standard.

Annex D is for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2002. 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 Généralités

### 1.1 Domaine d'application

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

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

Pour être étalonné complètement en suivant la procédure décrite dans la présente norme, un OTDR sera 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).

### 1.2 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 60050-731:1991, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 731: Télécommunications par fibres optiques*

CEI 60617-10:1996, *Symboles graphiques pour schémas – Partie 10: Télécommunications – Transmission*

CEI 60793-1 (toutes les parties), *Fibres optiques – Partie 1: Spécification générique*

CEI 60794-1 (toutes les parties), *Câbles à fibres optiques – Partie 1: Spécification générique*

CEI 60825-1:1993, *Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels, prescriptions et guide de l'utilisateur*

Amendement 1 (1997)<sup>1)</sup>

Amendement 2 (2001)

CEI 61300-3-2:1999, *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*

ISO:1993, *Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie*

ISO:1995, *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*

UIT-T Recommandation G.650:1997, *Définitions des paramètres des fibres monomodes et méthodes de test associées*

<sup>1)</sup> Il existe une édition consolidée 1.1 (1998) qui comprend la CEI 60825-1 (1993) et son amendement 1 (1997).

## CALIBRATION OF OPTICAL TIME-DOMAIN REFLECTOMETERS (OTDRs)

### 1 General

#### 1.1 Scope

This International Standard provides procedures for calibrating single-mode optical time domain reflectometers (OTDRs). 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 is to 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).

#### 1.2 Normative references

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 60050-731:1991, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 731: Optical fibre communication*

IEC 60617-10:1996, *Graphical symbols for diagrams – Part 10: Telecommunications – Transmission*

IEC 60793-1 (all parts), *Optical fibres – Part 1: Generic specification*

IEC 60794-1 (all parts), *Optical fibre cables – Part 1: Generic specification*

IEC 60825-1:1993, *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide*

Amendment 1 (1997)<sup>1)</sup>

Amendment 2 (2001)

IEC 61300-3-2:1999, *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*

ISO:1993, *International vocabulary of basic and general terms in metrology*

ISO:1995, *Guide to the expression of uncertainty in measurement*

ITU-T Recommendation G.650:1997, *Definition and test methods for the relevant parameters of single-mode fibres*

<sup>1)</sup> There is a consolidated edition 1.1 (1998) that includes IEC 60825-1 (1993) and its amendment 1 (1997).