

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Optical fibres –

Part 1-44: Measurement methods and test procedures – Cut-off wavelength

Fibres optiques –

Partie 1-44: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Longueur d'onde de coupure

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-44:2011



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Optical fibres –

Part 1-44: Measurement methods and test procedures – Cut-off wavelength

Fibres optiques –

Partie 1-44: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Longueur d'onde de coupure

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

S

ICS 33.180.10

ISBN 978-2-88912-747-4

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Background	6
4 Overview of methods	7
5 Mapping functions	7
6 Reference test method	8
7 Apparatus.....	8
7.1 Light source	8
7.2 Modulation	8
7.3 Launch optics	8
7.4 Support and positioning apparatus	8
7.5 Cladding mode stripper	8
7.6 Deployment mandrel	9
7.6.1 General	9
7.6.2 Cable cut-off wavelength, Method A	9
7.6.3 Cable cut-off wavelength, Method B	9
7.6.4 Fibre cut-off wavelength, Method C	9
7.7 Detection optics	11
7.8 Detector assembly and signal detection electronics.....	11
8 Sampling and specimens.....	11
8.1 Specimen length.....	11
8.2 Specimen end face.....	12
9 Procedure	12
9.1 Positioning of specimen in apparatus	12
9.1.1 General requirements for all methods	12
9.1.2 Deployment requirements for each method	12
9.2 Measurement of output power	12
9.2.1 Overview	12
9.2.2 Bend-reference technique.....	13
9.2.3 Multimode-reference technique.....	13
10 Calculations	13
10.1 Bend-reference technique	13
10.2 Multimode-reference technique	14
10.3 Curve-fitting technique for improved precision (optional)	14
10.3.1 General	14
10.3.2 Step 1, define the upper-wavelength region	15
10.3.3 Step 2, characterize the attenuation curve	15
10.3.4 Step 3, determine the upper wavelength of the transition region	16
10.3.5 Step 4, determine the lower wavelength of the transition region.....	16
10.3.6 Step 5, characterize the transition region with the theoretical model.....	16
10.3.7 Step 6, compute the cut-off wavelength, λ_c	17
11 Results	17
11.1 Report the following information with each measurement:	17
11.2 The following information shall be available upon request:	17

12 Specification information	18
Annex A (normative) Requirements specific to method A – Cable cut-off wavelength, λ_{CC} , using uncabled fibre	19
Annex B (normative) Requirements specific to method B – Cable cut-off wavelength, λ_{CC} , using cabled fibre	20
Annex C (normative) Requirements specific to method C – Fibre cut-off wavelength, λ_C	21
Bibliography	22
Figure 1 – Deployment configuration for cable cut-off wavelength, method A	9
Figure 2 – Deployment configuration for cable cut-off wavelength, method B	10
Figure 3 – Default configuration to measure λ_C	10
Figure 4 – Deployment configurations for fibre cut-off measurement	11
Figure 5 – Cut-off wavelength using the bend-reference technique	12
Figure 6 – Cut-off wavelength using the multimode-reference technique	13

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-44:2011

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRES –

Part 1-44: Measurement methods and test procedures – Cut-off wavelength

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 60793-1-44 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2001. This edition constitutes a technical revision.

The main change with respect to the previous edition is the withdrawal of Annex D.

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

This standard should be read in conjunction with IEC 60793-1-1.

This bilingual edition corresponds to the monolingual English version, published in 2011-04.

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

FDIS	Report on voting
86A/1369/FDIS	86A/1385/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.

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 the IEC 60793-1-4x series, published under the general title *Optical fibres – Measurement methods and test procedures*, 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-44:2011

OPTICAL FIBRES –

Part 1-44: Measurement methods and test procedures – Cut-off wavelength

1 Scope

This part of IEC 60793 establishes uniform requirements for measuring the cut-off wavelength of single-mode optical fibre, thereby assisting in the inspection of fibres and cables for commercial purposes.

This standard gives the methods for measuring the cut-off wavelength of fibre and cable

There are two methods for measuring cable cut-off wavelength, λ_{cc} :

- Method A: using uncabled fibre;
- Method B: using cabled fibre.

There is only one method (Method C) for measuring fibre cut-off wavelength, λ_c .

The test method in this standard describes procedures for determining the cut-off wavelength of a sample fibre in either an uncabled condition (λ_c) or in a cable (λ_{cc}). Three default configurations are given here: any different configuration will be given in a detail specification. These procedures apply to all category B and C fibre types (see Normative references).

All methods require a reference measurement. There are two reference-scan techniques, either or both of which may be used with all methods:

- bend-reference technique;
- multimode-reference technique using category A1 multimode fibre.

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 60793-1-1, *Optical fibres – Part 1-1: Measurement methods and test procedures – General and guidance*

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

3 Background

Theoretical cut-off wavelength is the shortest wavelength at which only the fundamental mode can propagate in a single-mode fibre, as computed from the refractive index profile of the fibre.

In optical fibres, the change from multimode to single-mode behaviour does not occur at an isolated wavelength, but rather smoothly over a range of wavelengths. For purposes of

determining fibre performance in a telecommunications network, theoretical cut-off wavelength is less useful than the lower value actually measured when the fibre is deployed.

Measured cut-off wavelength is defined as the wavelength greater than which the ratio between the total power, including launched higher-order modes, and the fundamental mode power has decreased to less than 0,1 dB. According to this definition, the second-order (LP_{11}) mode undergoes 19,3 dB more attenuation than the fundamental (LP_{01}) mode at the cut-off wavelength.

Because measured cut-off wavelength depends on the length and bends of the fibre, the resulting value of cut-off wavelength depends on whether the measured fibre is configured in a deployed, cabled condition, or it is short and uncabled. Consequently, there are two overall types of cut-off wavelength:

- Cable cut-off wavelength, measured in an uncabled fibre deployment condition (method A), or in a cabled condition (method B);
- Fibre cut-off wavelength, measured on a short length of uncabled, primary-coated fibre.

Cable cut-off wavelength is the preferred attribute to be specified and measured.

4 Overview of methods

All of the methods shall use the transmitted-power technique, which measures the variation with wavelength of the transmitted power of a fibre under test compared to a reference transmitted-power wavelength scan. The reference scan normalizes wavelength-dependent fluctuations in the measurement equipment so that the attenuation of the LP_{11} mode in the specimen can be properly characterized and the cut-off wavelength precisely determined.

The reference scan uses one of the following two techniques:

- the specimen with an additional, smaller-radius fibre bend;
- a (separate) category A1 multimode fibre.

This procedure can determine the cut-off wavelength of a fibre specimen in either a cabled or uncabled condition. Each method has its own default configurations; the detail specification will give any different configuration required.

The fibre cut-off wavelength, (λ_c), measured under the standard length and bend conditions described in this standard, will generally exhibit a value larger than λ_{cc} . For normal installed cable spans, it is common for the measured λ_c value to exceed the system transmission wavelength. Thus cable cut-off wavelength is the more useful description of system performance and capability.

For short cables, e.g. a pigtail with a length shorter (and possibly a bending radius larger) than described in this method, the cable may introduce modal noise near the cut-off wavelength when lossy splices are present (>0,5 dB).

5 Mapping functions

A mapping function is a formula by which the measured results of one type of cut-off wavelength are used to predict the results that one would obtain from another type.

An empirical mapping function is specific to a particular fibre type and design. Generate mapping functions by doing an experiment in which samples of fibre are chosen to represent the spectrum of cut-off wavelength values for the fibre type, then measure the values using the two methods to be mapped. Linear regression of the respective values will often produce

a satisfactory mapping function. When establishing criteria for fibre selection, residual errors in the regression shall be taken into account.

The customer and the supplier shall agree to the confidence level of each mapping function established.

6 Reference test method

Method A of cable cut-off wavelength, using uncabled fibre, is the reference test method (RTM), which shall be the one used to settle disputes.

The apparatus for each method is described in Clause 7.

7 Apparatus

7.1 Light source

Provide a filtered white light source, with line width not greater than 10 nm, stable in position and intensity. The light source should be capable of operating over the wavelength range 1 000 nm to 1 600 nm for most category B fibres. An operating range of 800 nm to 1 700 nm may be necessary for some B4 fibres, B5 fibres or some category C fibres.

7.2 Modulation

Modulate the light source to prevent ambient light affecting the results, and to aid signal recovery. A mechanical chopper with a reference output is a suitable arrangement.

7.3 Launch optics

Provide launch optics, such as a lens system or a multimode fibre, to overfill the test fibre over the full range of measurement wavelengths. This launch is relatively insensitive to the input end face position of the single-mode fibre, and is sufficient to excite the fundamental and any higher-order modes in the specimen. If using a butt splice, provide means of avoiding interference effects.

When using a multimode fibre, overfilling the reference fibre can produce an undesired ripple effect in the power-transmission spectrum. Restrict the launch sufficiently to eliminate the ripple effect. One example of restricted launch is in method A, attenuation by cut-back of IEC 60793-1-40. Another example of restricted launch is a mandrel-wrap mode filter with sufficient (approximately 4 dB) insertion loss.

7.4 Support and positioning apparatus

Provide a means to stably support the input and output ends of the specimen for the duration of the test; vacuum chucks, magnetic chucks, or connectors may be used for this purpose. Support the fibre ends such that they can be repeatedly positioned in the launch and detection optics. When measuring λ_{cc} in method B, provide a means to suitably support the cable ends.

7.5 Cladding mode stripper

Provide a means to remove cladding-mode power from the specimen. Under some circumstances, the fibre coating will perform this function; otherwise, provide methods or devices that extract cladding-mode power at the input and output ends of the specimen.

7.6 Deployment mandrel

7.6.1 General

Use a means to stably support the input and output ends of the specimen for the duration of the measurement. Support the fibre ends so that they can be repeatedly and stably positioned with respect to the launch and detection optics without introducing microbends into the specimen.

The deployment and length of the specimen, together with the support apparatus, are key elements of the measurement method, and they distinguish the types of cut-off wavelength.

Additional, alternative deployments may be used if the results obtained have been demonstrated to be empirically equivalent to the results obtained using the standard deployment, to within 10 nm, or they are greater than those achieved with the standard configurations.

7.6.2 Cable cut-off wavelength, Method A

Provide a means to make an 80 mm diameter loop at each end of the specimen and a loop of diameter ≥ 280 mm in the central portion. See Figure 1.

NOTE Two loops at one end can be substituted for one loop at each end.

7.6.3 Cable cut-off wavelength, Method B

Provide a means to make an 80 mm diameter loop at each end of the specimen. See Figure 2.

NOTE Two loops at one end can be substituted for one loop at each end.

7.6.4 Fibre cut-off wavelength, Method C

Provide a circular mandrel as the initial fibre cut-off wavelength deployment. (See Figure 4a). A split, semicircular mandrel with a radius of 140 mm that is capable of sliding, hence able to take up slack fibre, is an alternative deployment. (See Figures 3 and 4b).

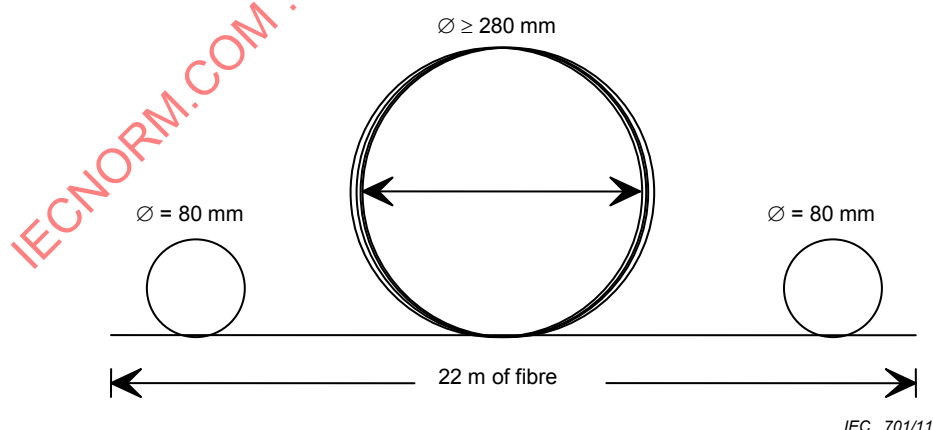


Figure 1 – Deployment configuration for cable cut-off wavelength, method A

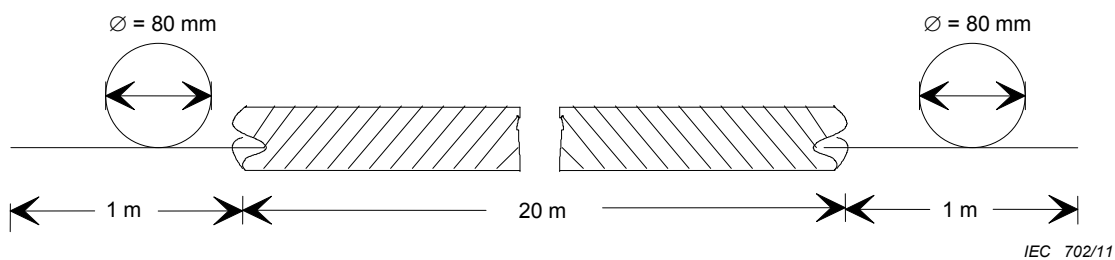


Figure 2 – Deployment configuration for cable cut-off wavelength, method B

NOTE The introduction of a minimum bend of the cable sufficient to permit connection of the two ends of the whole specimen to the measurement setup is allowed.

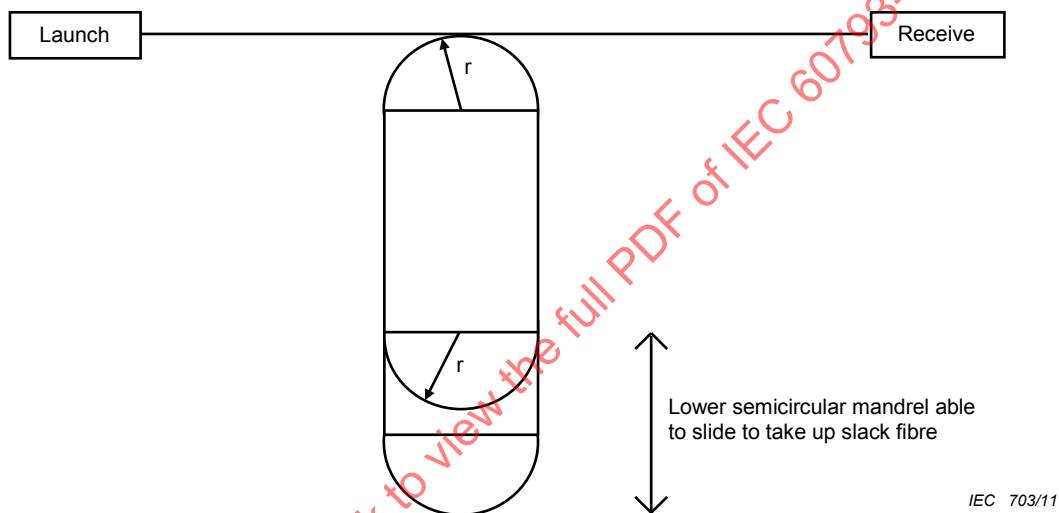
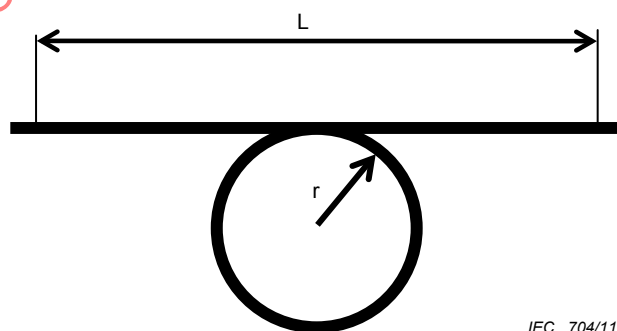


Figure 3 – Default configuration to measure λ_c

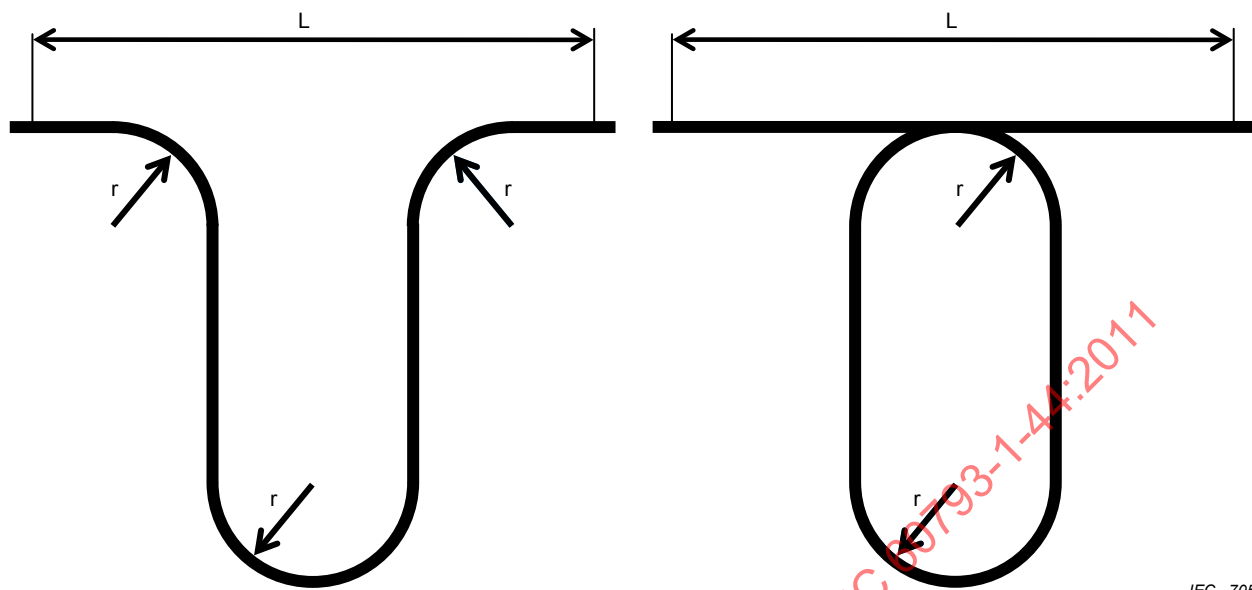


Key

$r = 140 \text{ mm}$

$L = 2 \text{ m}$ (entire fibre length)

Figure 4a) – Initial deployment configuration for fibre cut-off wavelength measurement – circular mandrel



IEC 705/11

Key $r = 140 \text{ mm}$ $L = 2 \text{ m}$ (entire fibre length)**Figure 4b) – Alternative deployment configuration for fibre cut-off wavelength measurement – split mandrel****Figure 4 – Deployment configurations for fibre cut-off measurement****7.7 Detection optics**

Couple all power emitted from the specimen onto the active region of the detector. As examples, an optical lens system, a butt splice with a multimode fibre pigtailed to a detector, or direct coupling may be used.

7.8 Detector assembly and signal detection electronics

Use a detector that is sensitive to the output radiation over the range of wavelengths to be measured and that is linear over the range of intensities encountered. A typical system might include a germanium or InGaAs photodiode, operating in the photo-voltaic mode, and a current-sensitive preamplifier, with synchronous detection by a lock-in amplifier. Generally, a computer is required to analyse the data.

8 Sampling and specimens**8.1 Specimen length**

Choose the specimen length according to which parameter is being measured and, if the parameter is cable cut-off wavelength, the method to be used. See the appropriate annex: Annex A or B for the cable cut-off wavelength measurement or Annex C for fibre cut-off wavelength.

8.2 Specimen end face

Prepare a flat end face, orthogonal to the fibre axis, at the input and output ends of each specimen.

9 Procedure

9.1 Positioning of specimen in apparatus

9.1.1 General requirements for all methods

Align the input and output ends of the specimen to the launch and detection optics. Do not change the launch and detection conditions during the course of the measurement.

Unless otherwise specified, when installing the specimen in the apparatus, and when using a cladding-mode stripper, take care to avoid imposing any additional fibre bends smaller than those specified in the configuration for the particular measurement being made.

9.1.2 Deployment requirements for each method

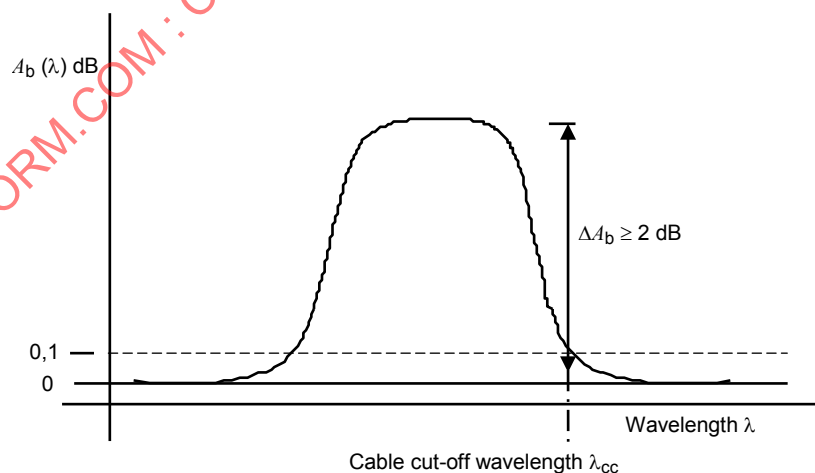
Deploy the specimen using the information in Clause 7:

- Cable cut-off wavelength, method A (see Annex A)
- Cable cut-off wavelength, method B (see Annex B)
- Fibre cut-off wavelength, method C (see Annex C)

9.2 Measurement of output power

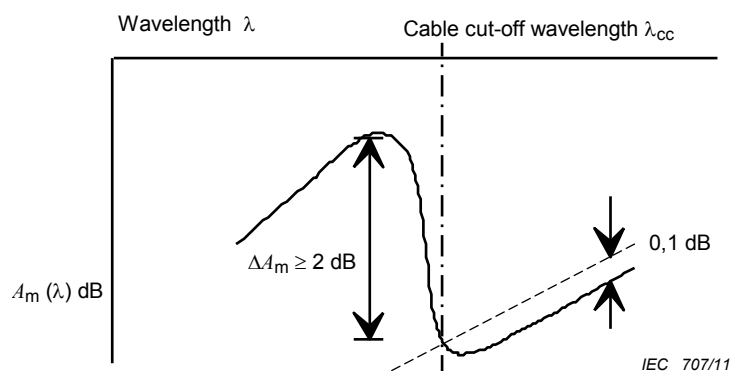
9.2.1 Overview

Record the output power, $P_s(\lambda)$, along the wavelength range, in increments of 10 nm or less. The range shall be broad enough to encompass the expected cut-off wavelength and, as outlined below, ultimately result in a curve similar to that in Figure 5 (using the bend-reference technique) or Figure 6 (using the multimode-reference technique).



IEC 706/11

Figure 5 – Cut-off wavelength using the bend-reference technique

**Key**

$A_m(\lambda)$ = The spectral transmittance referenced to the multimode fibre (dB)

Figure 6 – Cut-off wavelength using the multimode-reference technique

9.2.2 Bend-reference technique

With input and output conditions unchanged, introduce a smaller-diameter bend between input and the output. The exact value of the smaller diameter may be determined prior to measurement; it should be small enough to attenuate the second-order mode, but not too small in order to avoid macrobending effects at higher wavelengths. A radius between 10 and 30 mm is typical for most B1.1 to B5 fibres. For some B6 fibres, the radius shall be much smaller, and this measurement technique may not be adequate for these fibres. See Note to 10.1.

Record the transmitted spectral power, $P_b(\lambda)$, over the same wavelength range and with the same spectral increments as in making the original measurement on the specimen.

9.2.3 Multimode-reference technique

Replace the specimen with a short (< 10 m) length of category A1 multimode fibre as a reference. Record the transmitted signal power, $P_m(\lambda)$, over the same wavelength range and with the same spectral increments as in making the original measurement on the specimen.

NOTE The power using the multimode-reference technique, $P_m(\lambda)$, may be stored in a computer for use in repetitive measurements on different specimens.

10 Calculations

10.1 Bend-reference technique

Calculate the spectral transmittance of the specimen without the smaller-radius bend, referenced to the condition where the smaller-radius bend is introduced:

$$A_b(\lambda) = 10 \log_{10} \frac{P_s(\lambda)}{P_b(\lambda)} \text{ in dB} \quad (1)$$

where

$A_b(\lambda)$ is the spectral transmittance referenced to the smaller-radius bend (dB);

$P_s(\lambda)$ is the output power;

$P_b(\lambda)$ is the transmitted spectral power through the sample with the smaller-radius bend introduced.

Figure 5 shows a schematic result. The short and long wavelength edges are determined by the specimen deployed with and without the smaller-radius bend, respectively. Determine the longest wavelength at which $A_b(\lambda) = 0,1$ dB from Figure 5. This is the cut-off wavelength, provided that ΔA_b is equal to or greater than 2 dB.

If $\Delta A_b < 2$ dB, or if it is unobservable, broaden the wavelength scan and enlarge the single-mode launch conditions, or decrease the smaller-bend radius. Repeat these adjustments and the measurement procedure until $\Delta A_b > 2$ dB.

NOTE For certain implementations of bend-insensitive fibres (category B6) ΔA_b will not reach 2 dB loss, because of the very nature of these fibres. It is recommended to use the multimode-reference technique as reference scan for these fibres.

10.2 Multimode-reference technique

Calculate the spectral transmittance of the specimen, referenced to that of the multimode fibre:

$$A_m(\lambda) = 10 \log_{10} \frac{P_s(\lambda)}{P_m(\lambda)} \quad (2)$$

where

$A_m(\lambda)$ is the spectral transmittance referenced to the multimode fibre (dB);

$P_s(\lambda)$ is the output power;

$P_m(\lambda)$ is the transmitted signal power through the multimode reference fibre .

Figure 6 shows a schematic result.

Fit a straight line to the long-wavelength portion of $A_m(\lambda)$, displacing it upward by 0,1 dB, as shown by the dashed line in Figure 6. Determine the longest wavelength at which this displaced line intersects with $A_m(\lambda)$. This is the cut-off wavelength, provided that ΔA_m is equal to or greater than 2 dB. Between measured data points, $A_m(\lambda)$ is defined by linear interpolation.

If $\Delta A_m < 2$ dB, or if it is unobservable, broaden the wavelength scan and enlarge the single-mode launch conditions. Repeat these adjustments and the measurement procedure until $\Delta A_m > 2$ dB, and until the long-wavelength tail is of adequate length to be fitted by a straight line.

NOTE 1 When using the multimode-reference technique, fibres with high cut-off wavelengths, when combined with reference fibres with high water peaks, can have erroneous values reported as cut-off wavelength.

NOTE 2 For certain implementations of bend-insensitive fibres (category B6) the bend-reference technique is not the optimal technique as reference scan. For these fibres the multimode-reference technique is recommended.

10.3 Curve-fitting technique for improved precision (optional)

10.3.1 General

In the absence of spurious humps or excessive noise in the upper-wavelength region, accurate values for cut-off wavelength can be determined without curve fitting.

If curve fitting is considered necessary for improving precision, there are six steps. The first two steps define the LP₀₁ region, or upper-wavelength region. The next two steps define the transition region, where LP₁₁ attenuation begins to increase. The fifth step characterizes this region according to a theoretical model. The last step computes the cut-off wavelength from the characterization parameters.

This analysis is applicable for λ_c and λ_{cc} measured by all methods, using either the bend-reference technique or the multimode-reference technique.

The term $\alpha(\lambda)$ represents either $A_b(\lambda)$ or $A_m(\lambda)$.

10.3.2 Step 1, define the upper-wavelength region

10.3.2.1 Using the bend-reference technique

One method to identify the lower wavelength of the upper wavelength region is to find the maximum attenuation wavelength. For wavelengths greater than the maximum attenuation wavelength, the lower wavelength of the region is the wavelength at which the following function is a minimum: $\alpha(\lambda) - 8 + 8\lambda$, with λ in μm .

The upper wavelength of the upper wavelength region is the lowest wavelength value of the upper wavelength region plus 150 nm.

10.3.2.2 Using the multimode-reference technique

One method to identify the lower wavelength of the upper wavelength region is to find the maximum slope wavelength, the wavelength at which the first difference, $\alpha(\lambda) - \alpha(\lambda + 10 \text{ nm})$, is largest. For wavelengths greater than the maximum slope wavelength, the lower wavelength of the region is the wavelength at which the attenuation is a minimum.

10.3.3 Step 2, characterize the attenuation curve

Characterize the attenuation curve, $\alpha(\lambda)$, of the upper wavelength region as a linear equation in wavelength, λ :

$$\alpha(\lambda) = A_u + B_u (\lambda \text{ in } \mu\text{m}) \quad (3)$$

where

$\alpha(\lambda)$ is the attenuation curve;
 A_u and B_u are median attenuation values (dB).

a) Using the bend-reference technique

Set B_u to 0 and A_u to the median attenuation values in the upper wavelength region. Then define a function, $a(\lambda)$, to represent the difference between the attenuation and the line fit to the upper wavelength region:

$$a(\lambda) = \alpha(\lambda) - A_u - B_u \lambda \quad (\lambda \text{ in } \mu\text{m}) \quad (4)$$

where

$a(\lambda)$ is the function representing the difference between attenuation and line fit (dB);
 A_u and B_u are as defined for Equation (3).

b) Using the multimode-reference technique

Fit the attenuation values using a special technique to avoid the effects of positive humps:

- Find A_u and B_u by simplex regression so that the sum of the absolute values of error is minimum, and such that all errors are non-negative.
- Determine the median of the errors and add the value to A_u .

Then define a function, $a(\lambda)$, to represent the difference between the attenuation and the line fit to the upper wavelength region, using Equation (4).

10.3.4 Step 3, determine the upper wavelength of the transition region

One method to identify the lower wavelength of the upper wavelength region is by starting at the upper wavelength of the upper wavelength region, from step 1, the upper wavelength of the transition region is: 10 nm plus the maximum wavelength at which $a(\lambda)$ is greater than 0,1 dB.

10.3.5 Step 4, determine the lower wavelength of the transition region

There are various ways to determine the lower wavelength of the transition region. Here are two examples:

- Starting with the upper wavelength of the transition region from step 3, find the wavelength at which $a(\lambda)$ has a local maximum, and the difference between this maximum and the next local minimum (at larger λ) is maximum.
- Find the largest wavelength, below the upper wavelength of the transition region, such that $a(\lambda)$ is greater than 2 dB and:
 - There is a local maximum for $a(\lambda)$, or
 - There is a local maximum for $a(\lambda) - a(\lambda + 10 \text{ nm})$.

10.3.6 Step 5, characterize the transition region with the theoretical model

The model is a linear regression of a transformation:

$$Y(\lambda) = 10 \log_{10} \left[-\frac{10}{C} \log_{10} \left(\frac{10^{\frac{a(\lambda)}{10}} - 1}{\rho} \right) \right] \quad (5)$$

where

$Y(\lambda)$ is the linear regression of transformation;

$a(\lambda)$ is from equation (4);

$$C = 10 \log_{10} \left[\frac{\rho}{(10^{0,01} - 1)} \right] \quad (6)$$

and, unless otherwise specified, $\rho = 2$.

Fit the transform, $Y(\lambda)$, to the following linear model, using data from the transition region:

$$A_t + B_t \lambda = -Y(\lambda) \quad (7)$$

In order to limit the effect of positive humps, the regression may be done with constraints on errors so that negative errors in the attenuation curve will not exceed the negative errors found in the characterization of the upper wavelength region. This fitting technique may be accomplished with simplex methods.

Then let $E = \min[a(\lambda)]$, for λ in the upper wavelength region.

For the transition region, find the values of A_t and B_t from equation (7) so that the sum of the absolute values of error is minimized, and so that no error is less than $-v(\lambda)$, with $v(\lambda)$ derived from $w(\lambda)$ and $z(\lambda)$ and defined as:

$$w(\lambda) = 10^{\frac{a(\lambda) - E}{10}} \quad (8)$$

$$z(\lambda) = 10 \log_{10} \left[-\frac{10}{C} \log_{10} \left(\frac{w(\lambda) - 1}{\rho} \right) \right] \quad (9)$$

where $v(\lambda)$, $w(\lambda)$, and $z(\lambda)$ represent intermediate calculations used to simplify the overall expression.

Then
$$v(\lambda) = Y(\lambda) - z(\lambda). \quad (10)$$

10.3.7 Step 6, compute the cut-off wavelength, λ_c

Evaluate the slope of the transition region and compute the cut-off wavelength.

If B_t is greater than a small negative value (for example, -1 to -0.1), reduce the upper wavelength of the transition region by 10 nm and repeat step 5. Otherwise, compute λ_c as:

$$\lambda_c = -\frac{A_t}{B_t} \quad (11)$$

where

λ_c is the fibre cut-off wavelength (μm);

A_t and B_t are from equation (7).

NOTE Calculate cable cut-off wavelength, λ_{cc} , in the same manner as for fibre cut-off wavelength, λ_c , in step 6 above. Simply replace λ_c with λ_{cc} in Equation (11), as appropriate.

11 Results

11.1 Report the following information with each measurement:

- date and title of measurement;
- identification of specimen;
- measurement results.

11.2 The following information shall be available upon request:

- if measuring cable cut-off wavelength, the method used: A or B;
- length of specimen;
- reference technique used (bend or multimode);
- type of multimode fibre used (if using multimode-reference technique);
- description of all key equipment used: light source, launch optics, cladding-mode stripper, specimen-support mechanisms, and detection optics;
- description of monochromator (spectral scanning range, spectral width, and incremental steps);
- description of detection and recording techniques;
- description of deployment configuration used;
- typical plot of the spectral curve, $A_b(\lambda)$ or $A_m(\lambda)$;
- date of latest calibration of measurement equipment.

12 Specification information

The detail specification shall specify the following information:

- type of fibre or cable to be measured.
- failure or acceptance criteria.
- information to be reported.
- any deviations to the procedure that apply.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-44:2011

Annex A (normative)

Requirements specific to method A – Cable cut-off wavelength, λ_{cc} , using uncabled fibre

A.1 Specimen length

Use a 22 m total length of (uncabled) optical fibre.

A.2 Procedure - position specimen on deployment mandrel

As shown in Figure 1, coil the middle 20 m of the fibre specimen into a loop with a minimum radius of 140 mm in order to conservatively simulate cabling effects. To simulate the effects of splice organizers, apply one loop of 80 mm diameter to each 1 m end of the fibre length or two loops of 80 mm diameter to one end. Since λ_{cc} is specified as a maximum value, this configuration is sufficient to ensure specification compliance, because any further effects of cabling, installation, and deployment can only reduce further the cable cut-off wavelength value.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-44:2011

Annex B (normative)

Requirements specific to method B – Cable cut-off wavelength, λ_{cc} , using cabled fibre

B.1 Specimen length

Use a 22 m total length of optical cable, with a 1 m length of decabled fibre at each end.

B.2 Procedure - position specimen on deployment mandrel

Expose 1 m of cabled fibre from each end, and deploy the specimen as shown in Figure 2. The middle 20 m of the jacketed cable shall be substantially straight so that the deployment does not have a significant effect on the subsequent measurement results. To simulate the effects of splice organizers, apply one loop of 80 mm diameter to each 1 m end of the decabled fibre length or two loops of 80 mm diameter to one end of the decabled fibre.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-44:2011

Annex C (normative)

Requirements specific to method C – Fibre cut-off wavelength, λ_c

C.1 Specimen length

Use an optical fibre with a total length of $2\text{ m} \pm 0,2\text{ m}$.

C.2 Procedure – position specimen on deployment mandrel

Bend the specimen into a loosely constrained loop that is one complete turn of a circle of 140 mm radius. Alternatively, the loop placed in the fibre may consist of two arcs (each of 180°) of 140 mm radius connected by tangents. This set-up is shown in Figure 3, where the lower semi-circular mandrel is allowed to move to take up any slack fibre without requiring the movement of any of the optics, or placing any significant tension on the rest of the fibre sample.

The remaining fibre shall be substantially free of external stresses. While some bends of larger radii are permissible, they shall not significantly affect the measurement result.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-44:2011

Bibliography

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

IEC 60793-2-50, *Optical fibres cables – Part 2-50: Indoor cables – Family specification for simplex and duplex cables for use in terminated cable assemblies*

IEC 60793-2-60, *Optical fibres – Part 2-60: Product specifications – Sectional specification for category C single-mode intraconnection fibres*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-44:2011

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-44:2011

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	26
1 Domaine d'application	28
2 Références normatives	28
3 Contexte	29
4 Vue d'ensemble des méthodes	29
5 Fonctions de cartographie	30
6 Méthode d'essai de référence	30
7 Appareillage	30
7.1 Source lumineuse	30
7.2 Modulation	30
7.3 Dispositif optique d'injection	30
7.4 Appareillage de maintien et de positionnement	31
7.5 Extracteur des modes de gaine	31
7.6 Mandrin de déploiement	31
7.6.1 Généralités	31
7.6.2 Longueur d'onde de coupure de câble, Méthode A	31
7.6.3 Longueur d'onde de coupure de câble, Méthode B	31
7.6.4 Longueur d'onde de coupure de fibre, Méthode C	31
7.7 Dispositif optique de détection	33
7.8 Ensemble détecteur et dispositif électronique de détection des signaux	34
8 Echantillonnage et spécimens	34
8.1 Longueur du spécimen	34
8.2 Face d'extrémité du spécimen	34
9 Procédure	34
9.1 Positionnement du spécimen dans l'appareillage	34
9.1.1 Exigences générales pour toutes les méthodes	34
9.1.2 Exigences spécifiques au déploiement pour chaque méthode	34
9.2 Mesure de la puissance de sortie	34
9.2.1 Aperçu	34
9.2.2 Technique de la fibre de référence courbée	35
9.2.3 Technique de la fibre de référence multimodale	35
10 Calculs	36
10.1 Technique de la fibre de référence courbée	36
10.2 Technique de la fibre de référence multimodale	36
10.3 Technique d'ajustement de courbe pour augmenter la précision (optionnel)	37
10.3.1 Généralités	37
10.3.2 Etape 1, définir la zone des longueurs d'ondes supérieures	37
10.3.3 Etape 2, caractériser la courbe d'affaiblissement	37
10.3.4 Etape 3, déterminer la plus grande longueur d'onde de la zone de transition	38
10.3.5 Etape 4, déterminer la plus petite longueur d'onde de la zone de transition	38
10.3.6 Etape 5, caractériser la zone de transition à l'aide du modèle théorique	38
10.3.7 Etape 6, calcul de la longueur d'onde de coupure, λ_c	39
11 Résultats	40

11.1 Relever les informations suivantes pour chaque mesure:	40
11.2 Les informations suivantes doivent être disponibles sur demande:	40
12 Informations à mentionner dans la spécification	40
Annexe A (normative) Exigences spécifiques à la méthode A – Longueur d'onde de coupure de câble, λ_{cc} , en utilisant la fibre non câblée	41
Annexe B (normative) Exigences spécifiques à la méthode B – Longueur d'onde de coupure de câble, λ_{cc} , en utilisant la fibre câblée.....	42
Annexe C (normative) Exigences spécifiques à la méthode C – Longueur d'onde de coupure de fibre, λ_c	43
Bibliographie.....	44
Figure 1 – Configuration relative au déploiement pour la mesure de la longueur d'onde de coupure de câble, méthode A.....	32
Figure 2 – Configuration relative au déploiement pour la mesure de la longueur d'onde de coupure de câble, méthode B.....	32
Figure 3 – Configuration par défaut pour mesurer λ_c	32
Figure 4 – Configurations de déploiement pour la mesure de la longueur d'onde de coupure de la fibre	33
Figure 5 – Longueur d'onde de coupure par la technique de la fibre de référence courbée	35
Figure 6 – Longueur d'onde de coupure par la technique de la fibre de référence multimodale	35

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-44: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Longueur d'onde de coupure

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 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 la CEI. La CEI 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 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 brevet. La CEI 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 CEI 60793-1-44 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2001. Elle constitue une révision technique.

La principale modification par rapport à l'édition précédente consiste en la suppression de l'Annexe D.

Les Annexes A, B et C font partie intégrante de la présente norme.

Il convient de lire la présente norme conjointement avec la CEI 60793-1-1.

La présente version bilingue correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2011-04.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 86A/1369/FDIS et 86A/1385/RVD.

Le rapport de vote 86A/1385/RVD donne toute information ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60793-1-4x, publiées sous le titre général *Fibres optiques – Méthodes de mesure et procédures d'essai*, est disponible sur le site internet de la CEI.

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 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-44:2011

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-44: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Longueur d'onde de coupure

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60793 établit des exigences uniformes pour mesurer la longueur d'onde de coupure des fibres optiques unimodales, contribuant ainsi au contrôle des fibres et câbles dans des relations commerciales.

La présente norme donne les méthodes de mesure de la longueur d'onde de coupure de fibre et de câble.

Il existe deux méthodes pour mesurer la longueur d'onde de coupure de câble, λ_{cc} :

- Méthode A: en utilisant la fibre non câblée;
- Méthode B: en utilisant la fibre câblée.

Il n'existe qu'une méthode (Méthode C) pour mesurer la longueur d'onde de coupure de fibre, λ_c .

La méthode d'essai de la présente norme décrit les procédures pour déterminer la longueur d'onde de coupure d'un échantillon de fibre soit à l'état non câblée (λ_c), soit dans un câble (λ_{cc}). Trois configurations par défaut sont données ici: toute configuration différente sera indiquée dans la spécification particulière. Ces procédures s'appliquent à tous les types de fibres de catégories B et C (voir Références normatives).

Toutes les méthodes prescrivent une mesure de référence. Il y a deux techniques d'exploration de référence, l'une et/ou l'autre peuvent être utilisées avec toutes les méthodes:

- technique de la fibre de référence courbée;
- technique de la fibre de référence multimodale utilisant la fibre multimodale de catégorie A1.

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 60793-1-1, *Optical fibres – Part 1-1: Measurement methods and test procedures – General and guidance* (disponible uniquement en anglais)

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

3 Contexte

La longueur d'onde de coupure théorique est la plus petite longueur d'onde à laquelle seul le mode fondamental peut se propager dans une fibre unimodale, telle que calculée à partir du profil d'indice de réfraction de la fibre.

Dans les fibres optiques, le passage du comportement multimodal au comportement unimodal n'intervient pas à une longueur d'onde isolée, mais se fait plutôt en douceur, dans une plage de longueurs d'ondes. Par conséquent, pour déterminer le fonctionnement d'une fibre dans un réseau de télécommunications, la longueur d'onde de coupure théorique est moins utile que la plus basse valeur effectivement mesurée lorsque la fibre est déployée.

La longueur d'onde de coupure mesurée est définie comme la longueur d'onde supérieure à celle où le rapport entre la puissance totale, y compris pour les modes d'ordre supérieur injectés, et la puissance du mode fondamental a décru à moins de 0,1 dB. Suivant cette définition, le mode de second ordre (LP_{11}) supporte un affaiblissement supérieur de 19,3 dB à celui du mode fondamental (LP_{01}) à la longueur d'onde de coupure.

Puisque la longueur d'onde de coupure mesurée dépend de la longueur et des courbures de la fibre, la valeur résultante de la longueur d'onde de coupure dépend de la configuration de la fibre mesurée soit dans des conditions de déploiement en câble, soit courte et non câblée. Par conséquent, il existe deux types de longueurs d'ondes de coupure:

- la longueur d'onde de coupure de câble, mesurée en condition de déploiement de fibre non câblée (méthode A), ou en condition câblée (méthode B);
- la longueur d'onde de coupure de fibre, mesurée sur une courte longueur de fibre non câblée, sous revêtement primaire.

La longueur d'onde de coupure de câble est la caractéristique préférentielle à spécifier et à mesurer.

4 Vue d'ensemble des méthodes

Toutes les méthodes doivent utiliser la technique de la puissance transmise qui mesure en fonction de la longueur d'onde la variation de la puissance transmise d'une fibre à l'essai comparée à une exploration de référence en longueur d'onde de la puissance transmise. L'exploration de référence est utilisée pour normaliser les fluctuations dépendant de la longueur d'onde de l'équipement de mesure, de façon que l'affaiblissement du mode LP_{11} dans le spécimen puisse être convenablement caractérisé et la longueur d'onde de coupure déterminée avec précision.

L'exploration de référence utilise l'une des deux techniques suivantes:

- un spécimen avec une courbure supplémentaire de rayon plus petit de la fibre;
- une fibre multimodale de catégorie A1 (séparée).

Cette procédure permet de déterminer la longueur d'onde de coupure d'un échantillon de fibre à l'état soit câblé, soit non câblé. Chaque méthode a sa propre configuration par défaut; la spécification particulière donnera toute configuration différente prescrite.

La longueur d'onde de coupure de fibre, (λ_c), mesurée selon les conditions normalisées de longueur et de courbure décrites dans la présente norme, présentera généralement une valeur plus grande que λ_{cc} . Pour des portées normales de câble installé, il est courant que la valeur mesurée de λ_c excède la longueur d'onde de transmission du système. Par conséquent, la longueur d'onde de coupure de câble est la plus utile description du fonctionnement et des capacités du système.

Pour des câbles courts, c'est-à-dire une fibre amorce avec une longueur plus courte (et éventuellement, un rayon de courbure plus grand) que décrit dans cette méthode, le câble peut introduire un bruit modal à proximité de la longueur d'onde de coupure, lorsque des épissures à fortes pertes sont présentes ($> 0,5$ dB).

5 Fonctions de cartographie

Une fonction de cartographie est une formule avec laquelle les résultats mesurés d'un type de longueur d'onde de coupure sont utilisés pour prédire les résultats que l'on voudrait obtenir d'une autre fibre.

Une fonction de cartographie empirique est spécifique à un type et à un modèle particulier à une fibre. Elaborer des fonctions de cartographie en faisant une expérimentation dans laquelle des échantillons de fibre sont choisis pour représenter le spectre des valeurs de longueur d'onde de coupure pour le type de fibre, puis mesurer les valeurs en utilisant les deux méthodes à cartographier. Une régression linéaire des valeurs respectives, donnera souvent une fonction de cartographie satisfaisante. Lors de l'établissement des critères de sélection de la fibre, les erreurs résiduelles dans la régression doivent être prises en compte.

Le client et le fournisseur doivent se mettre d'accord sur le niveau de confiance de chaque fonction de cartographie.

6 Méthode d'essai de référence

La méthode A de la longueur d'onde de coupure de câble, utilisant une fibre non câblée, est la méthode d'essai de référence (RTM, *reference test method*), qui doit être celle à utiliser pour régler les contestations.

L'appareillage nécessaire pour chaque méthode est décrit à l'Article 7.

7 Appareillage

7.1 Source lumineuse

Prévoir une source de lumière blanche filtrée, dont la largeur de raie ne dépasse pas 10 nm, stable en position et en intensité. Il convient que la source lumineuse soit capable de fonctionner sur toute la plage de longueurs d'ondes comprises entre 1 000 nm et 1 600 nm pour la plupart des fibres de catégorie B. Une plage de fonctionnement comprise entre 800 nm et 1 700 nm peut être nécessaire pour certaines fibres B4, certaines fibres B5, ou certaines fibres de catégorie C.

7.2 Modulation

Moduler la source lumineuse pour empêcher la lumière ambiante de fausser les résultats, et pour aider à la restitution du signal. Un hacheur mécanique muni d'une sortie de référence constitue un arrangement convenable.

7.3 Dispositif optique d'injection

Prévoir un dispositif optique d'injection, tel qu'un système de lentilles ou une fibre multimodale, pour saturer la fibre à l'essai dans toute la plage des longueurs d'ondes de mesure. Cette injection est relativement insensible à la position de l'extrémité d'entrée de la fibre unimodale, et elle est suffisante pour exciter le mode fondamental et tous les modes d'ordre supérieur dans le spécimen. Si une épissure en bout est utilisée, il faut prévoir un moyen permettant d'éviter les phénomènes d'interférence.

Lorsqu'une fibre multimodale est utilisée, la saturation de la fibre de référence peut engendrer un phénomène indésirable d'ondulation dans le spectre de transmission de puissance. Limiter suffisamment l'injection pour éviter le phénomène d'ondulation. La méthode A, affaiblissement par coupure, de la CEI 60793-1-40, donne un exemple d'injection limitée. Un filtre de modes à mandrin ayant une perte d'insertion suffisante (environ 4 dB) constitue un autre exemple d'injection limitée.

7.4 Appareillage de maintien et de positionnement

Prévoir un moyen de maintenir de façon stable les extrémités d'entrée et de sortie du spécimen pendant toute la durée de l'essai; il est permis d'utiliser des dispositifs tels qu'un mandrin à succion, un mandrin magnétique ou des connecteurs. Maintenir les extrémités de la fibre afin de pouvoir les positionner, de façon répétitive, dans le dispositif optique d'injection et de détection. Lors de la mesure de λ_{CC} selon la méthode B, fournir un moyen permettant de maintenir correctement les extrémités du câble.

7.5 Extracteur des modes de gaine

Prévoir un moyen de supprimer la puissance des modes de gaine du spécimen. Dans certaines circonstances, le revêtement de la fibre remplira cette fonction; si tel n'est pas le cas, utiliser des méthodes ou des dispositifs qui permettent l'extraction de la puissance des modes de gaine aux extrémités d'entrée et de sortie du spécimen.

7.6 Mandrin de déploiement

7.6.1 Généralités

Utiliser un moyen permettant de maintenir de façon stable les extrémités d'entrée et de sortie du spécimen pendant la durée des mesures. Maintenir les extrémités de la fibre afin de pouvoir les positionner de manière répétitive et stable, vis-à-vis du dispositif optique de détection et d'injection, sans introduire de micro-courbures dans le spécimen.

Le déploiement et la longueur du spécimen, ainsi que l'appareillage de maintien, sont des éléments clés de la méthode de mesure, et ils différencient les types de longueurs d'ondes de coupure.

En complément, des variantes de déploiement peuvent être utilisées s'il a été démontré que les résultats obtenus sont empiriquement équivalents aux résultats obtenus avec le déploiement normal, dans les limites de 10 nm, ou s'ils sont supérieurs à ceux obtenus avec les configurations normales.

7.6.2 Longueur d'onde de coupure de câble, Méthode A

Prévoir un moyen de réaliser une boucle de 80 mm de diamètre à chaque extrémité du spécimen, et une boucle de diamètre ≥ 280 mm dans la partie centrale. Voir Figure 1.

NOTE Deux boucles à une extrémité peuvent remplacer une boucle à chaque extrémité.

7.6.3 Longueur d'onde de coupure de câble, Méthode B

Prévoir un moyen de réaliser une boucle de 80 mm de diamètre à chaque extrémité du spécimen. Voir Figure 2.

NOTE Deux boucles à une extrémité peuvent remplacer une boucle à chaque extrémité.

7.6.4 Longueur d'onde de coupure de fibre, Méthode C

Prévoir un mandrin circulaire en tant que déploiement initial pour la longueur d'onde de coupure de fibre. (Voir Figure 4a). Un mandrin semi-circulaire fendu avec un rayon de 140 mm, qui soit capable de coulisser, en conséquence à même de retendre le mou de la fibre, constitue une variante de déploiement. (Voir Figures 3 et 4b).

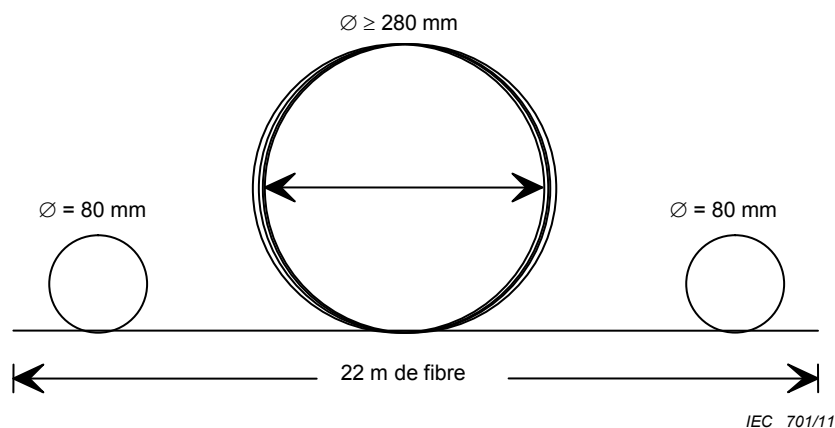


Figure 1 – Configuration relative au déploiement pour la mesure de la longueur d'onde de coupure de câble, méthode A

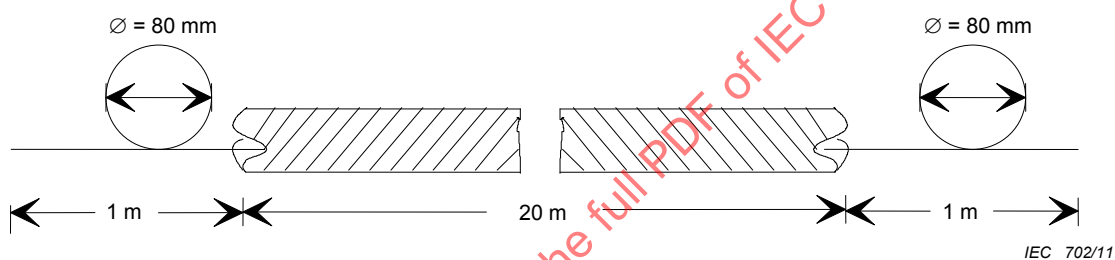


Figure 2 – Configuration relative au déploiement pour la mesure de la longueur d'onde de coupure de câble, méthode B

NOTE L'introduction d'une courbure minimale au câble, suffisante pour permettre la connexion des deux extrémités de l'ensemble du spécimen au banc de mesure, est permise.

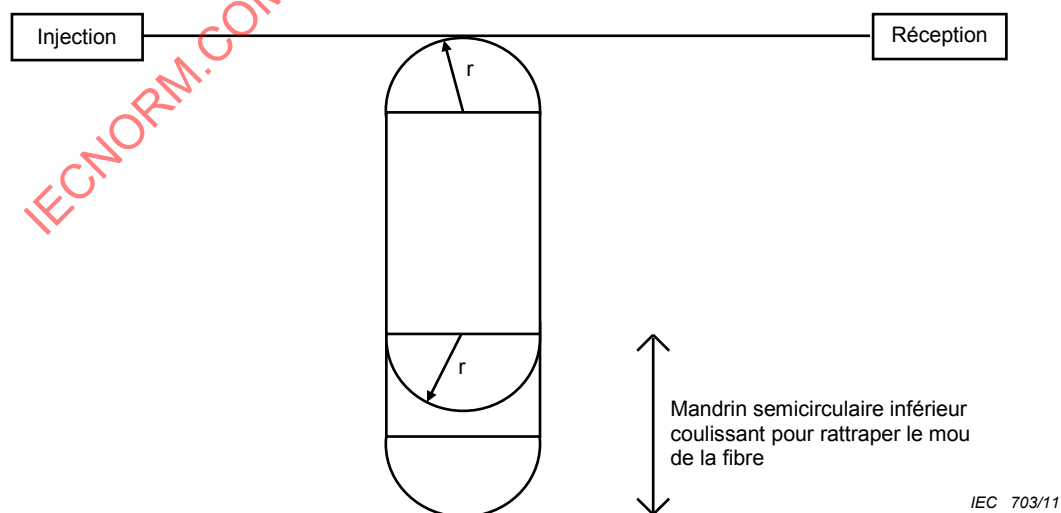
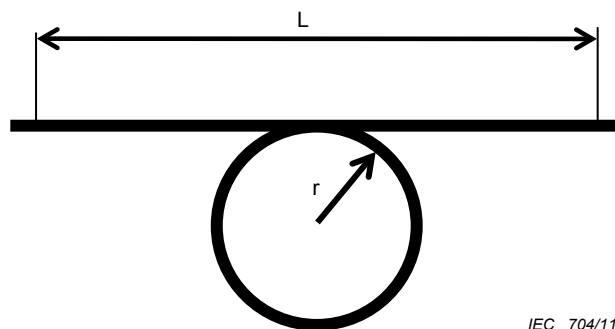


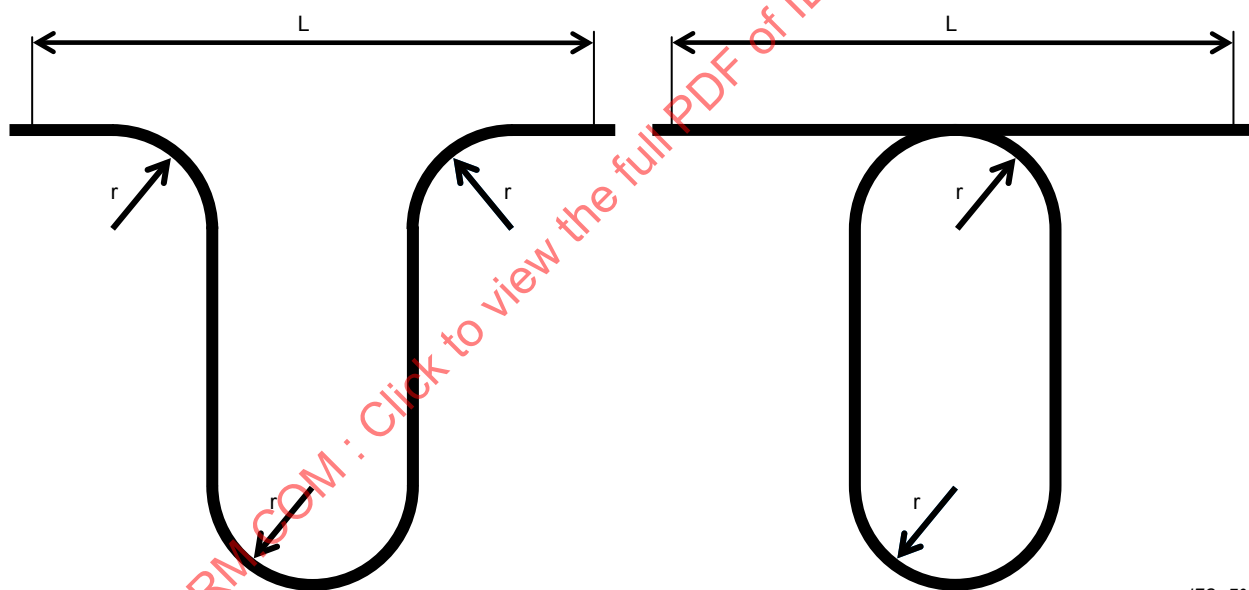
Figure 3 – Configuration par défaut pour mesurer λ_c



IEC 704/11

Légende $r = 140 \text{ mm}$ $L = 2 \text{ m}$ (longueur entière de la fibre)

Figure 4a) – Configuration de déploiement initiale pour la mesure de la longueur d'onde de coupure de la fibre – Mandrin circulaire



IEC 705/11

Légende $r = 140 \text{ mm}$ $L = 2 \text{ m}$ (longueur entière de la fibre)

Figure 4b) – Variante de configuration de déploiement pour la mesure de la longueur d'onde de coupure de la fibre – Mandrin fendu

Figure 4 – Configurations de déploiement pour la mesure de la longueur d'onde de coupure de la fibre

7.7 Dispositif optique de détection

Coupler toutes les puissances optiques émises par le spécimen sur la zone active du détecteur. Il est possible d'utiliser, par exemple, un système de lentilles optiques, une

épissure en bout avec une fibre multimodale reliée à un détecteur par une fibre amorce, ou un couplage direct.

7.8 Ensemble détecteur et dispositif électronique de détection des signaux

Utiliser un détecteur sensible au rayonnement sortant dans toute la plage des longueurs d'ondes à mesurer, et linéaire dans toute la plage des intensités rencontrées. Un système typique pourrait comporter une photodiode au germanium ou au InGaAs, fonctionnant dans un mode photovoltaïque, et un préamplificateur de courant, la détection synchrone étant assurée par un amplificateur à verrouillage. De manière générale, un ordinateur est prescrit pour l'analyse des données.

8 Echantillonnage et spécimens

8.1 Longueur du spécimen

Choisir la longueur du spécimen suivant le paramètre à mesurer et, si le paramètre est la longueur d'onde de coupure de câble, la méthode à utiliser. Se reporter à l'annexe appropriée: Annexe A ou B pour la mesure de la longueur d'onde de coupure de câble, ou Annexe C pour la longueur d'onde de coupure de fibre.

8.2 Face d'extrémité du spécimen

Préparer une face plane, perpendiculaire à l'axe de la fibre, à l'extrémité d'entrée et à l'extrémité de sortie de chaque spécimen.

9 Procédure

9.1 Positionnement du spécimen dans l'appareillage

9.1.1 Exigences générales pour toutes les méthodes

Aligner les extrémités d'entrée et de sortie du spécimen sur les dispositifs optiques d'injection et de détection. Ne pas modifier les conditions d'injection et de détection durant le déroulement de la mesure.

Sauf spécification contraire, lors de la mise en place du spécimen dans l'appareil, et lorsqu'un extracteur de modes de gaine est utilisé, prendre soin d'éviter d'imposer des courbures supplémentaires sur la fibre plus petites que celles spécifiées dans la configuration pour la mesure particulière à faire.

9.1.2 Exigences spécifiques au déploiement pour chaque méthode

Déployer le spécimen en utilisant les informations de l'article 7:

- longueur d'onde de coupure de câble, méthode A (voir Annexe A)
- longueur d'onde de coupure de câble, méthode B (voir Annexe B)
- longueur d'onde de coupure de fibre, méthode C (voir Annexe C)

9.2 Mesure de la puissance de sortie

9.2.1 Aperçu

Enregistrer la puissance de sortie, $P_s(\lambda)$, sur l'étendue de la plage de longueurs d'ondes, par incréments de 10 nm ou moins. La plage doit être suffisamment large pour encadrer la longueur d'onde de coupure attendue et, comme souligné ci-dessous, finalement aboutir à une courbe similaire à celle de la Figure 5 (utilisant la technique avec la référence courbée) ou de la Figure 6 (utilisant la technique avec référence multimodale).

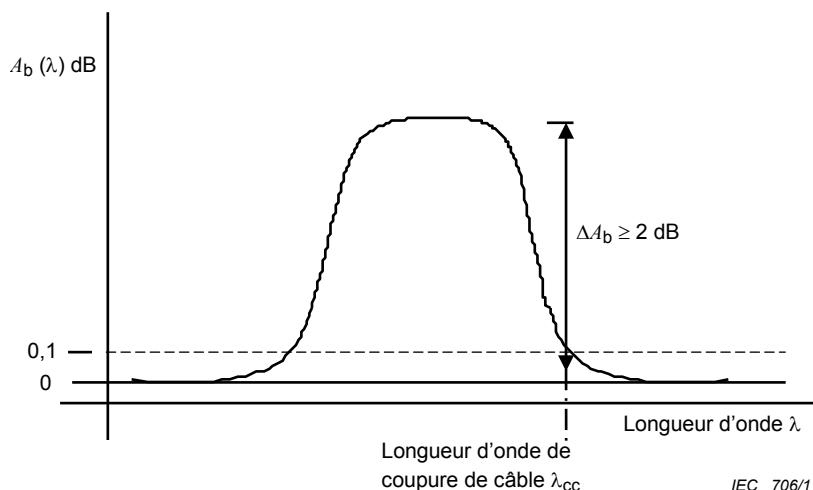
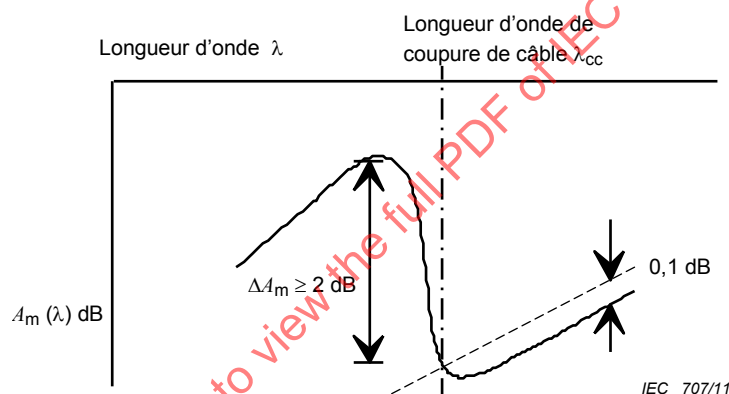


Figure 5 – Longueur d'onde de coupure par la technique de la fibre de référence courbée



Légende

$A_m(\lambda)$ = Transmittance spectrale prenant comme référence les fibres multimodales (dB)

Figure 6 – Longueur d'onde de coupure par la technique de la fibre de référence multimodale

9.2.2 Technique de la fibre de référence courbée

Sans changer les conditions d'entrée et de sortie, introduire une courbure de diamètre plus petit entre l'entrée et la sortie. La valeur exacte du diamètre plus petit peut être déterminée avant les mesures; il convient qu'il soit suffisamment petit pour atténuer le mode de second ordre, mais pas trop petit, afin d'éviter les effets de macro-courbures à des longueurs d'ondes plus élevées. Un rayon compris entre 10 et 30 mm est typique pour la plupart des fibres B1.1 à B5. Pour certaines fibres B6, le rayon doit être bien inférieur, et cette technique de mesure peut ne pas être adaptée à ces fibres. Voir Note en 10.1.

Enregistrer la puissance spectrale transmise, $P_b(\lambda)$, dans la même plage de longueurs d'ondes et avec les mêmes incréments spectraux qu'en faisant la mesure initiale sur le spécimen.

9.2.3 Technique de la fibre de référence multimodale

Remplacer le spécimen par une courte (< 10 m) longueur de fibre multimodale de catégorie A1 comme référence. Enregistrer la puissance du signal transmis, $P_m(\lambda)$, dans la même plage

de longueurs d'ondes et avec les mêmes incréments spectraux qu'en faisant la mesure initiale sur le spécimen.

NOTE La puissance lors de l'utilisation de la technique de la fibre de référence multimodale, $P_m(\lambda)$, peut être stockée sur un ordinateur pour utilisation sur des mesures répétées sur différents spécimens.

10 Calculs

10.1 Technique de la fibre de référence courbée

Calculer le facteur de transmission spectrale du spécimen sans la courbure de rayon plus petit, rapporté à la condition où la courbure de rayon plus petit est introduite:

$$A_b(\lambda) = 10 \log_{10} \frac{P_s(\lambda)}{P_b(\lambda)} \text{ en dB} \quad (1)$$

où

$A_b(\lambda)$ est le facteur de transmission spectrale se rapportant à la courbure de rayon plus petit (dB);

$P_s(\lambda)$ est la puissance de sortie;

$P_b(\lambda)$ est la puissance spectrale transmise à travers l'échantillon après introduction de la courbure de rayon plus petit.

La Figure 5 présente un résultat schématique. Les limites basse et haute des longueurs d'ondes sont respectivement déterminées par le spécimen déployé avec et sans la courbure de rayon plus petit. Déterminer à partir de la Figure 5, la longueur d'onde la plus longue à laquelle $A_b(\lambda) = 0,1$ dB. Il s'agit de la longueur d'onde de coupure, pourvu que ΔA_b soit supérieur ou égal à 2 dB.

Si $\Delta A_b < 2$ dB, ou s'il n'est pas observable, étendre l'exploration des longueurs d'ondes et élargir les conditions d'injection unimodale ou diminuer le rayon de courbure plus petit. Répéter ces ajustements et la procédure de mesure jusqu'à ce que $\Delta A_b > 2$ dB.

NOTE Pour certaines mises en œuvre de fibres insensibles à la courbure (catégorie B6), ΔA_b n'atteindra pas une perte de 2 dB, en raison de la nature de ces fibres. Il est recommandé d'utiliser la technique de la fibre de référence multimodale comme balayage de référence pour ces fibres.

10.2 Technique de la fibre de référence multimodale

Calculer le facteur de transmission spectrale du spécimen par rapport à celui de la fibre multimodale:

$$A_m(\lambda) = 10 \log_{10} \frac{P_s(\lambda)}{P_m(\lambda)} \quad (2)$$

où

$A_m(\lambda)$ est le facteur de transmission spectrale se rapportant à la fibre multimodale (dB);

$P_s(\lambda)$ est la puissance de sortie;

$P_m(\lambda)$ est la puissance du signal transmis à travers la fibre de référence multimodale.

La Figure 6 présente un résultat schématique.

Ajuster une droite sur la portion des grandes longueurs d'ondes de $A_m(\lambda)$, en la déplaçant vers le haut de 0,1 dB, comme illustré en pointillés à la Figure 6. Déterminer la plus grande longueur d'onde à laquelle cette ligne déplacée coupe $A_m(\lambda)$. Il s'agit de la longueur d'onde de coupure, à condition que ΔA_m soit supérieur ou égal à 2 dB. Entre les points mesurés, $A_m(\lambda)$ est défini par interpolation linéaire.