

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60793-1-4

1995

AMENDEMENT 2

AMENDMENT 2

1998-01

Amendement 2

Fibres optiques –

Partie 1-4:

Spécification générique –

Méthodes de mesure des caractéristiques
optiques et de transmission

Amendment 2

Optical fibres –

Part 1-4:

Generic specification –

Measuring methods for transmission
and optical characteristics

© IEC 1998 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

L

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

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86A/415/FDIS	86A/428/RVD

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

Page 2

SOMMAIRE

Remplacer le titre de l'article 23 par ce qui suit:

23 Méthode CEI 60793-1-C7 – Mesure de la longueur d'onde de coupure d'une fibre unimodale

Page 4

SOMMAIRE

Supprimer le titre de l'article 24 et renuméroter les articles 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 et 33 respectivement en 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 et 32.

Page 44

9.4.6

Ajouter, à la fin du paragraphe 9.4.6, la nouvelle note suivante:

NOTE – Des mesures unidirectionnelles de rétrodiffusion peuvent être adoptées dans des cas particuliers, par exemple la vérification de la pente de rétrodiffusion dans le cas des fibres câblées.

Page 158

23 Méthode CEI 60793-1-C7A – Mesure de la longueur d'onde de coupure pour une fibre unimodale

Remplacer les articles 23 et 24 par ce nouvel article 23 et renuméroter les articles 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 et 33 respectivement en 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 et 32.

FOREWORD

This amendment has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

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

FDIS	Report on voting
86A/415/FDIS	86A/428/RVD

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

Page 3

CONTENTS

Replace the title of clause 23 by the following:

23 Method IEC 60793-1-C7 – Cut-off wavelength measurement for single-mode optical fibre

Page 5

CONTENTS

Delete the title of clause 24 and re-number clauses 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 and 33 as 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 and 32, respectively.

Page 45

9.4.6

Add, at the end of subclause 9.4.6, the following new note:

NOTE – Unidirectional backscattering measurements can be adopted in particular cases, e.g. verification of the backscatter slope in cabled fibres.

Page 159

23 Method IEC 60793-1-C7A – Cut-off wavelength measurement for single-mode optical fibre

Replace clauses 23 and 24 by the following new clause 23, and re-number clauses 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 and 33 as 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 and 32, respectively:

23 Méthode CEI 60793-1-C7 – Mesure de la longueur d'onde de coupure d'une fibre unimodale

23.1 Objet

La longueur d'onde de coupure théorique est la plus petite longueur d'onde à laquelle le mode fondamental peut se propager dans une fibre unimodale, telle que calculée à partir du profil d'indice de réfraction de la fibre. A des longueurs d'onde inférieures à la longueur d'onde de coupure théorique, plusieurs modes se propagent et la fibre n'est plus unimodale mais multimodale.

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 gamme de longueurs d'onde. 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 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 décliné 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}).

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 y a deux types de longueurs d'onde de coupure, la longueur d'onde de coupure en câble et la longueur d'onde de coupure de la fibre:

- longueur d'onde coupure en câble λ_{cc} : la longueur d'onde de coupure en câble est mesurée en condition de déploiement de fibre câblée.
- longueur d'onde de coupure de la fibre λ_c : la longueur d'onde de coupure de la fibre est mesurée sur une courte longueur de fibre non câblée revêtue de son revêtement primaire.

23.2 Description

La méthode utilisée doit être la technique de la puissance transmise qui mesure la variation en fonction de la puissance transmise d'une fibre en essai comparée à la référence de la puissance transmise lors d'un balayage en longueur d'onde. Le balayage de référence est utilisé pour normaliser les fluctuations dépendant de la longueur d'onde dans l'équipement de mesure de façon que l'affaiblissement du mode LP_{11} dans l'échantillon en essai puisse être convenablement caractérisé et la longueur d'onde de coupure déterminée avec précision.

Deux techniques sont utilisées pour obtenir ce balayage de référence:

- a) l'échantillon en essai avec une courbure supplémentaire de rayon inférieur – méthode A;
- b) une fibre multimodale – méthode B.

Cette méthode de mesure décrit les procédures pour déterminer la longueur d'onde de coupure d'un échantillon de fibre soit dans les conditions non câblées (λ_c), soit en câble (λ_{cc}). Deux configurations par défaut sont données ici; toute autre configuration sera donnée dans la spécification particulière. Cette méthode est applicable à tous les types de fibre B.

La longueur d'onde de coupure de la fibre (λ_c) mesurée selon les conditions standards de longueur et de courbure décrites ici, présentera généralement une valeur plus grande que λ_{cc} . Pour les câbles courts, par exemple queues de cochon et jarretières, ayant une longueur inférieure (et éventuellement un rayon de courbure supérieur) à ce qui est décrit dans la

23 Method IEC 60793-1-C7 – Cut-off wavelength measurement of single-mode fibre

23.1 Object

Theoretical cut-off wavelength is the shortest wavelength at which the fundamental mode can propagate in a single-mode fibre as computed from the refractive index profile of the fibre. At wavelengths below the theoretical cut-off wavelength, several modes propagate and the fibre is no longer single-mode but multimode.

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. Consequently, for determining fibre performance in a telecommunications network, theoretical cut-off wavelength is less useful than the 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.

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 whether the fibre is short and uncabled. Consequently, there are two types of cut-off wavelength, cable cut-off wavelength and fibre cut-off wavelength:

Cable cut-off wavelength λ_{cc} : cable cut-off wavelength is measured in a cabled fibre deployment condition;

Fibre cut-off wavelength λ_c : fibre cut-off wavelength is measured on a short length of uncabled primary-coated fibre.

23.2 Description

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

Two techniques are used to obtain this reference scan:

- a) the test sample with an additional smaller radius fibre bend – method A;
- b) a multimode fibre – method B.

This test method 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}). Two default configurations are given here; any different configuration will be given in the detail specification. This method applies to all B fibre types.

The fibre cut-off wavelength (λ_c), measured under the standard length and bend conditions described herein, will generally exhibit a value larger than λ_{cc} . For short cables, e.g., pigtail and jumper cables with a length shorter (and possibly a bending radius larger) than described in this method, the cable may become multimode at larger wavelengths than λ_{cc} . In case the

présente méthode, le câble peut devenir multimodal lorsque les longueurs d'onde dépassent λ_{cc} . Dans le cas de câbles d'une longueur inférieure à ce qui est décrit dans la mesure de la longueur d'onde de coupure de la fibre, le câble peut devenir multimodal lorsque les longueurs d'onde dépassent λ_c . 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 et alors, la longueur d'onde de coupure en câble est la plus utile description du fonctionnement et des capacités du système.

23.3 Appareillage

23.3.1 Source lumineuse

On doit utiliser une source de lumière blanche filtrée, dont la largeur de raie ne dépasse pas 10 nm, stable en position et en intensité, et capable de fonctionner sur toute la plage de longueurs d'onde comprises entre 1 000 nm et 1 600 nm.

23.3.2 Modulation

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

23.3.3 Dispositif optique d'injection

Un dispositif optique d'injection, tel qu'un système de lentilles ou une fibre multimodale doit être utilisé pour saturer l'échantillon en essai sur toute la plage des longueurs d'onde d'essai. 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 l'échantillon en essai. Si une épissure en bout à bout est utilisée, il est recommandé de 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. Il est recommandé de limiter suffisamment l'injection pour éviter le phénomène d'ondulation. La méthode CEI 60793-1-C1A donne un exemple d'injection limitée. Un filtre de mode à mandrin ayant une perte d'insertion suffisante (environ 4 dB) constitue un autre exemple d'injection limitée.

23.3.4 Appareillage de maintien et de positionnement

Il est recommandé de maintenir de façon stable les extrémités d'entrée et de sortie de l'échantillon en essai 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. Il est recommandé de 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 configuration 1 (voir 23.4.1), on doit fournir un moyen permettant de maintenir correctement les extrémités du câble.

23.3.5 Extracteur des modes de gaine

Il est recommandé de supprimer la puissance des modes de gaine de l'échantillon en essai. Dans certaines circonstances, le revêtement de la fibre remplira cette fonction; si tel n'est pas le cas, il est recommandé d'utiliser des méthodes ou des dispositifs qui permettent l'extraction de la puissance des modes de gaine aux extrémités d'entrée et de sortie de l'échantillon en essai.

cable length is even shorter than described in the fibre cut-off wavelength measurement, the cable can become multimode at wavelengths larger than λ_c . For normal installed cable spans, it is common for the measured λ_c value to exceed the system transmission wavelength, and thus cable cut-off wavelength is the more useful description of the system performance and capability.

23.3 Apparatus

23.3.1 Light source

A filtered white light source, with linewidth not greater than 10 nm, stable in position and intensity and capable of operation over the wavelength range 1 000 nm to 1 600 nm shall be used.

23.3.2 Modulation

The light source shall be modulated to prevent ambient light from affecting the results and to aid in signal recovery. A mechanical chopper with a reference output is a suitable arrangement.

23.3.3 Launch optics

The launch optics, such as a lens system or a multimode fibre, shall be used to overfill the test sample over the full range of test wavelengths. This launch is relatively insensitive to the input endface position of the single-mode fibre and is sufficient to excite the fundamental and any higher order modes in the test sample. If a butt splice is used, means should be provided to avoid interference effects.

When a multimode fibre is used, overfilling the reference fibre can produce an undesired ripple effect in the power transmission spectrum. The launch should be restricted sufficiently to eliminate the ripple effect. One example of a restricted launch is in method IEC 60793-1-C1A. Another example of a restricted launch is a mandrel wrap mode filter with sufficient (approximately 4 dB) insertion loss.

23.3.4 Support and positioning apparatus

The input and output ends of the test sample should be supported in a stable manner for the duration of the test; means such as vacuum chucks, magnetic chucks, or connectors may be used. The fibre ends should be supported such that they can be repeatedly positioned in the launch and detect optics. When measuring λ_{cc} in configuration 1 (see 23.4.1), a means for suitably supporting the cable ends needs to be provided.

23.3.5 Cladding mode stripper

Cladding power should be removed from the test sample. Under some circumstances the fibre coating will perform this function; otherwise methods or devices should be used that extract cladding mode power at the input and output ends of the test sample.

23.3.6 Dispositif optique de détection

Il est recommandé de coupler toutes les puissances optiques transmises par l'échantillon en essai sur la zone active du détecteur. Il est possible d'utiliser, par exemple, un système de lentilles optiques, une épissure en bout à bout avec la fibre amorce multimodale reliée à un détecteur, ou un couplage direct.

23.3.7 Détecteur et dispositif électronique de détection

Il est recommandé d'utiliser un détecteur sensible sur toute la plage des longueurs d'onde utilisées et linéaire sur toute la plage des intensités rencontrées. Un système typique peut comporter une photodiode au Ge ou au InGaAs à mode photovoltaïque et un préamplificateur d'entrée de courant, avec une détection synchrone assurée par un amplificateur à verrouillage et par un dispositif échantillonneur optique. Généralement, un système comporte un ordinateur destiné à l'acquisition et à l'analyse des données.

23.4 Echantillon en essai

L'échantillon est choisi selon le paramètre à mesurer, λ_c ou λ_{cc} .

Pour mesurer la longueur d'onde de coupure en câble, λ_{cc} , l'échantillon en essai est une longueur de fibre optique unimodale déployée dans l'une des deux configurations par défaut, décrites en 23.4.1 et 23.4.2, sauf indication contraire dans la spécification particulière.

Pour mesurer la longueur d'onde de coupure de la fibre, λ_c , l'échantillon en essai est une longueur de fibre de 2 m ($\pm 0,2$ m), déployée selon 23.4.3.

Il est possible d'utiliser d'autres configurations s'il est démontré que les résultats empiriques ne varient pas de plus de 10 nm ou qu'ils sont supérieurs à ceux obtenus avec les configurations de l'échantillon.

Préparer des faces planes aux extrémités d'entrée et de sortie de chaque échantillon de fibre en essai.

23.4.1 Longueur d'onde de coupure en câble, échantillon en essai – configuration 1

Comme illustré à la figure 41, un câble d'une longueur totale de 22 m doit être préparé en décablant 1 m de fibre à chaque extrémité. La partie centrale restante de 20 m de câble gainé doit être déployée de façon suffisamment droite, de sorte que le déploiement n'ait pas d'effet significatif sur les résultats. Pour simuler les effets des organisateurs d'épissure, une boucle de 80 mm de diamètre doit être appliquée à chaque portion décablée de 1 m des extrémités de la fibre. Cette configuration donne la longueur d'onde de coupure en câble, λ_{cc} .

23.4.2 Longueur d'onde de coupure en câble, échantillon en essai – configuration 2

Comme illustré à la figure 42, une fibre non câblée d'une longueur totale de 22 m doit être enroulée en une boucle d'au moins 140 mm de rayon, de façon à simuler au mieux les phénomènes de câblage. Pour simuler les effets des organisateurs d'épissure, une boucle de 80 mm de diamètre doit être faite à moins de 1 m de chaque extrémité. Puisque λ_{cc} est spécifiée comme une valeur maximale, cette méthode est suffisante pour assurer la conformité à la spécification parce que tout autre effet lié au câblage, à l'installation et au déploiement peut uniquement réduire davantage la valeur de la longueur d'onde de coupure en câble.

23.4.3 Longueur d'onde de coupure de la fibre, configuration de l'échantillon en essai

La fibre doit être courbée en une boucle lâche qui constitue un tour complet d'un cercle de 140 mm de rayon. En variante, la boucle dans la fibre peut se composer de deux arcs de cercle (de 180° chacun), de 140 mm de rayon, reliés par des tangentes. Ce montage est

23.3.6 Detection optics

All power emitted from the test sample should be coupled on to 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.

23.3.7 Detector and signal detection electronics

A detector should be used that is sensitive over the range of wavelengths employed and linear over the range of intensities encountered. A typical system may include a photovoltaic mode Ge or InGaAs photodiode and a current-input preamplifier, with synchronous detection by a lock-in amplifier and an optical chopper assembly. Generally, a system includes a computer for data acquisition and analysis.

23.4 Test sample

The test sample is chosen according to which parameter, λ_c or λ_{cc} , is to be measured.

To measure cable cut-off wavelength, λ_{cc} , the test sample is a length of single-mode optical fibre deployed in either of two default configurations described in 23.4.1 and 23.4.2, unless otherwise specified in the detail specification.

To measure fibre cut-off wavelength, λ_c , the test sample is a 2 m piece of fibre ($\pm 0,2$ m) deployed according to 23.4.3.

Alternative configurations may be used if the empirical results are demonstrated to be either equivalent within 10 nm, or they are greater than those achieved with the sample configurations.

Flat endfaces shall be prepared at the input and output ends of each test sample fibre.

23.4.1 Cable cut-off wavelength, test sample – configuration 1

As in figure 41, a cable length totalling 22 m shall be prepared by exposing a 1 m de-cabled fibre length at each end. The remaining middle 20 m of jacketed cable shall be deployed substantially straight, such that deployment shall not have a significant effect upon the subsequent measurement results. To simulate the effects of splice organizers, one loop of 80 mm diameter shall be applied to each 1 m end of de-cabled fibre length. This configuration produces the cable cut-off wavelength, λ_{cc} .

23.4.2 Cable cut-off wavelength, test sample – configuration 2

As in figure 42, an uncabled fibre length totalling 22 m shall be coiled into a loop with a minimum radius of 140 mm to conservatively simulate cabling effects. To simulate the effects of splice organizers, one loop of 80 mm diameter shall be applied within 1 m of each end. Since λ_{cc} is specified as a maximum value, this method 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.

23.4.3 Fibre cut-off wavelength test sample configuration

The fibre shall be bent into a loosely constrained loop which 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 43, where the

illustré à la figure 43, où le mandrin semi-circulaire inférieur peut se déplacer pour enrouler toute fibre lâche sans pour cela nécessiter le déplacement d'un des éléments du dispositif optique, ou soumettre le reste de la fibre en essai à une tension importante.

La partie restante de la fibre doit être exempte de toute contrainte extérieure. Bien que quelques courbures de rayons plus importants soient tolérées, elles ne doivent pas affecter de façon significative le résultat de mesure. Cette configuration donne la longueur d'onde de coupure de la fibre λ_c .

23.4.4 Fonction de cartographie pour la relation entre λ_c et λ_{cc}

Plutôt que de procéder systématiquement à la mesure de la longueur d'onde de coupure en câble telle que décrite en 23.4.1 et 23.4.2, un fournisseur peut mesurer systématiquement la longueur d'onde de coupure de la fibre non câblée obtenue par 23.4.3. Le fournisseur doit établir une fonction de cartographie empirique pour transcrire les prescriptions relatives à la longueur d'onde de coupure en câble en prescriptions relatives à la longueur d'onde de coupure de la fibre non câblée, spécifique au fournisseur et avec une marge de confiance acceptée par l'utilisateur et le fabricant.

NOTE – Il convient que cette fonction de cartographie soit à l'origine basée sur et vérifiée par des mesures directes de la longueur d'onde de coupure de la fibre et de la longueur d'onde de coupure en câble selon l'une ou l'autre des deux méthodes indiquées en 23.4.1 et 23.4.2.

23.5 Procédure d'essai

23.5.1 Mesure de l'échantillon en essai

L'échantillon en essai doit être déployé conformément aux paragraphes correspondants de 23.4, ou comme spécifié dans la spécification particulière. Lors du montage et de l'installation du système de support de l'échantillon en essai, et en cas d'utilisation d'un extracteur de modes de gaine, il est recommandé d'éviter tout ajout d'une courbure de rayon inférieur à ce qui est spécifié dans le paragraphe correspondant de 23.4, sauf indication contraire dans la spécification particulière.

Les extrémités d'entrée et de sortie de l'échantillon en essai sont dans l'alignement des dispositifs d'injection et de détection. Il est recommandé de ne pas modifier les conditions d'injection et de détection durant le cours de la mesure. La puissance de sortie est enregistrée dans la plage de longueurs d'onde par incréments de 10 nm ou moins. La plage de longueurs d'onde doit être suffisamment étendue pour englober la longueur d'onde de coupure en câble prévue et, comme précisé ci-dessous, générer en fin d'essai une courbe semblable à celle de la figure 44 (méthode A) ou de la figure 45 (méthode B).

La puissance du signal de sortie, $P_s(\lambda)$, est enregistrée en fonction de la longueur d'onde λ dans une plage suffisamment large autour de la longueur d'onde de coupure attendue.

23.5.2 Méthode A: technique de la fibre de référence courbée

Les conditions d'entrée et de sortie étant inchangées, une courbure supplémentaire de diamètre inférieur doit être appliquée entre la dernière boucle et la sortie, aussi près que possible du détecteur. Il est possible de déterminer la valeur exacte du diamètre inférieur avant d'effectuer la mesure; il est recommandé qu'il soit suffisamment petit pour atténuer le mode secondaire, mais pas le mode principal. Un diamètre de 30 mm est typique. La puissance spectrale transmise, $P_b(\lambda)$, doit être enregistrée avec la même plage de longueurs d'onde et avec les mêmes incréments spectraux que ceux indiquées en 23.5.1.

23.5.3 Méthode B: technique de la fibre de référence multimodale

L'échantillon en essai doit être remplacé par une courte (<10 m) longueur de fibre multimodale en référence. La puissance du signal transmis, $P_m(\lambda)$, doit être enregistrée avec la même plage de longueurs d'onde et avec les mêmes incréments spectraux que ceux indiqués en 23.5.1. (Il est possible d'enregistrer la puissance $P_m(\lambda)$ sur un calculateur en vue d'effectuer des mesures répétitives sur différents échantillons en essai.)

lower semicircular 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 be allowed to significantly affect the measurement result. This configuration produces the fibre cut-off wavelength λ_c .

23.4.4 Mapping function for the relation between λ_c and λ_{cc}

Rather than routinely making the cabled fibre cut-off wavelength measurement as described in 23.4.1 and 23.4.2, a supplier may routinely measure the uncabled fibre cut-off wavelength obtained via 23.4.3. The supplier shall establish an empirical mapping function to translate the cabled fibre cut-off wavelength requirements into uncabled fibre cut-off wavelength requirements specific to the supplier with a confidence interval agreed between the user and manufacturer.

NOTE – This mapping function should initially be based upon and verified by direct fibre and cable cut-off wavelength measurements as outlined by either method given in 23.4.1 or 23.4.2.

23.5 Test procedure

23.5.1 Measurement of the test sample

The test sample shall be deployed as shown in the corresponding paragraphs of 23.4, or as specified in the detail specification. When assembling and installing the test sample support system, and when using a cladding-mode stripper, any additional fibre bends having a radius smaller than those specified in the corresponding section of 23.4 should be avoided, unless otherwise specified in the detail specification.

The input and output ends of the test sample are aligned to the launch and detection optics. The launch and detection conditions should not be changed during the course of the measurement. The output power is recorded along the wavelength range in increments of 10 nm or less. The wavelength range shall be broad enough to encompass the expected cut-off wavelength and, as outlined below, ultimately result in a curve similar to that of figure 44 (method A) or figure 45 (method B).

The output power $P_s(\lambda)$ is recorded against wavelength λ in a sufficiently wide range around the expected cut-off wavelength.

23.5.2 Method A: bend-reference technique

With input and output conditions unchanged, an additional smaller diameter bend shall be introduced between the last loop in the deployment and the output, as close as possible to the detector. 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 the primary mode. A diameter of 30 mm is typical. The transmitted spectral power, $P_b(\lambda)$, shall be recorded over the same wavelength range and with the same spectral increments as in 23.5.1.

23.5.3 Method B: multimode-reference technique

The test sample shall be replaced by a short (<10 m) length of multimode fibre as a reference. The transmitted signal power, $P_m(\lambda)$, shall be recorded over the same wavelength range and with the same spectral increments as in 23.5.1. (The power $P_m(\lambda)$ may be stored in a computer for use in repetitive measurements on different test samples.)

23.6 Calculs

23.6.1 Méthode A: technique de la fibre de référence courbée

Le facteur de transmission spectrale de l'échantillon en essai doit être calculé à partir des valeurs obtenues dans les conditions avec et sans la courbure de rayon inférieur:

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

La figure 44 présente un résultat schématique. Les limites basse et haute des longueurs d'ondes sont respectivement déterminées par l'échantillon en essai déployé, avec et sans courbure de rayon inférieur. La longueur d'onde la plus longue à laquelle $A_b(\lambda) = 0,1$ dB est déterminée à partir de la figure 44.

C'est la longueur d'onde de coupure, à condition que $\Delta A_b \geq 2$ dB. Entre les points mesurés, $A_b(\lambda)$ est défini par interpolation linéaire.

Si $\Delta A_b < 2$ dB, ou s'il est impossible à observer, il est recommandé d'étendre l'exploration des longueurs d'onde, d'élargir les conditions d'injection unimodale ou de réduire le rayon de la petite courbure. Si la région de la grande longueur d'onde $A_b(\lambda)$ s'accroît selon la longueur d'onde, il est recommandé d'augmenter le rayon de la petite courbure. Il est recommandé de renouveler ces réglages ainsi que la procédure d'essai jusqu'à ce que $\Delta A_b > 2$ dB.

23.6.2 Méthode B: technique de la fibre de référence multimodale

Le facteur de transmission spectrale de l'échantillon en essai doit être calculé par référence à la fibre multimodale:

$$A_m(\lambda) = 10 \log_{10} \frac{P_s(\lambda)}{P_m(\lambda)} \text{ (dB)}$$

La figure 45 présente un résultat schématique.

Une droite doit être ajustée sur la portion des grandes longueurs d'onde de $A_m(\lambda)$, pour la déplacer vers le haut de 0,1 dB, comme illustré en pointillés à la figure 45. La plus grande longueur d'onde à laquelle la ligne déplacée coupe $A_m(\lambda)$ doit être déterminée. C'est la longueur d'onde de coupure, à condition que $\Delta A_m \geq 2$ dB. Entre les points mesurés, $A_m(\lambda)$ est défini par interpolation linéaire.

Si $\Delta A_m < 2$ dB, ou s'il est impossible à observer, il convient d'étendre l'exploration des longueurs d'onde et d'élargir les conditions d'injection unimodale.

Il convient de renouveler ces réglages ainsi que la procédure d'essai jusqu'à ce que $\Delta A_m \geq 2$ dB et que la zone des grandes longueurs d'onde soit de longueur adéquate pour être ajustée par une droite.

NOTE – Pour la méthode B, la combinaison de fibres à fortes longueurs d'onde de coupure avec des fibres de référence présentant de forts pics d'eau peut donner des valeurs de longueurs d'onde de coupure erronées.

23.6.3 Méthode de mesure de la longueur d'onde de coupure par ajustement de courbe pour augmenter la précision (optionnel)

En l'absence de bosses parasites ou de bruit excessif dans la région des grandes longueurs d'onde, des valeurs précises peuvent être déterminées sans ajustement des courbes.

23.6 Calculations

23.6.1 Method A: bend-reference technique

The spectral transmittance of the test sample shall be calculated without the smaller radius bend, referenced to the condition where the smaller radius bend is introduced:

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

A schematic result is shown in figure 44. The short and long wavelength edges are determined by the test sample deployed with and without the smaller radius bend, respectively. The longest wavelength at which $A_b(\lambda) = 0,1$ dB is determined from figure 44.

This is the cut-off wavelength, provided that $\Delta A_b \geq 2$ dB. Between measured data points, $A_b(\lambda)$ is defined by linear interpolation.

If $\Delta A_b < 2$ dB, or if it is unobservable, the wavelength scan should be broadened and the single-mode launch conditions enlarged, or the small bend radius reduced. If the long wavelength region of $A_b(\lambda)$ increases with respect to wavelength, the small bend radius should be increased. These adjustments and the test procedure should be repeated until $\Delta A_b > 2$ dB.

23.6.2 Method B: multimode-reference technique

The spectral transmittance of the test sample shall be referenced to that of the multimode fibre:

$$A_m(\lambda) = 10 \log_{10} \frac{P_s(\lambda)}{P_m(\lambda)} \text{ (dB)}$$

A schematic result is shown in figure 45.

A straight line shall be fit to the long wavelength portion of $A_m(\lambda)$, displacing it upward by 0,1 dB as shown by the dashed line in figure 45. The longest wavelength at which this displaced line intersects with $A_m(\lambda)$ shall be determined; this is the cut-off wavelength provided that $\Delta A_m \geq 2$ dB. Between measured data points, $A_m(\lambda)$ is defined by linear interpolation.

If $\Delta A_m < 2$ dB, or if it is unobservable, the wavelength scan should be broadened and the single-mode launch conditions enlarged.

These adjustments and the test procedure should be repeated until $\Delta A_m \geq 2$ dB, and until the long wavelength tail is of adequate length to be fitted by a straight line.

NOTE – For method B, the fibres with high cut-off wavelengths combined with reference fibres with high water peaks can have erroneous values reported as the cut-off wavelength.

23.6.3 Cut-off wavelength measurement curve fitting method for precision improvement (optional)

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

L'ajustement des courbes est fait en six étapes. Les deux premières étapes définissent la région LP_{01} , ou plage des grandes longueurs d'onde. Les deux étapes suivantes définissent la plage de transition, où l'affaiblissement LP_{01} commence à augmenter. La cinquième étape caractérise cette région à partir d'un modèle théorique. La dernière étape calcule la longueur d'onde de coupure à partir des paramètres de caractérisation. Cette analyse est applicable à λ_c et λ_{cc} mesuré par l'une ou l'autre des méthodes A ou B. $\alpha(\lambda)$ est utilisé pour représenter $A_b(\lambda)$ ou $A_m(\lambda)$.

23.6.3.1 Etape 1 – Définir la région des grandes longueurs d'onde

Pour la méthode B, trouver la longueur d'onde de pente maximale, la longueur d'onde à laquelle la première différence $\alpha(\lambda) - \alpha(\lambda + 10 \text{ nm})$ est la plus grande. Pour les longueurs d'onde plus grandes que la longueur d'onde de pente maximale, la plus petite longueur d'onde de la région est la longueur d'onde à laquelle l'affaiblissement est minimal.

Pour la méthode A, ce qui suit simule la procédure pour la référence multimodale.

Trouver la longueur d'onde d'affaiblissement maximal. Pour les longueurs d'onde plus grandes que la longueur d'onde d'affaiblissement maximal, la plus petite longueur d'onde de la région est la longueur d'onde à laquelle la fonction ci-dessous est minimale.

$$\alpha(\lambda) - 8 + 8 \lambda \quad (\lambda \text{ en micromètres})$$

La plus grande longueur d'onde de la région des grandes longueurs d'onde est la plus petite longueur d'onde de cette région plus 150 nm.

23.6.3.2 Etape 2 – Caractériser la courbe d'affaiblissement, $\alpha(\lambda)$, de la région des grandes longueurs d'onde comme fonction linéaire de la longueur d'onde λ

$$\alpha(\lambda) = A_u + B_u \lambda$$

Pour la méthode de la fibre de référence courbée, B_u est fixé à 0 et A_u à la moyenne des valeurs d'affaiblissement de la région des grandes longueurs d'onde. Pour la méthode de la fibre de référence multimodale, les valeurs d'affaiblissement de la région des grandes longueurs d'onde peuvent être ajustées en utilisant une technique particulière pour éviter les effets des bosses positives.

- A_u et B_u sont calculés par régression simplexe de sorte que la somme des valeurs absolues d'erreur soit minimale et qu'aucune erreur ne soit de valeur négative;
- la moyenne des erreurs est calculée et ajoutée à A_u .

Pour les deux méthodes, définir une fonction, $a(\lambda)$, pour représenter la différence entre l'affaiblissement la ligne d'ajustement à la région des grandes longueurs d'onde:

$$a(\lambda) = \alpha(\lambda) - A_u - B_u \lambda \quad (\lambda \text{ en micromètres})$$

23.6.3.3 Etape 3 – Calculer la plus grande longueur d'onde de la région de transition

En commençant à la plus grande longueur d'onde de la région des grandes longueurs d'onde, obtenue à l'étape 1, la plus grande longueur d'onde de la région de transition est la longueur d'onde maximale à laquelle $a(\lambda) > 0,1 \text{ dB} + 10 \text{ nm}$.

23.6.3.4 Etape 4 – Déterminer la plus petite longueur d'onde de la région de transition

Il y a différentes méthodes pour déterminer cette longueur d'onde. Celles qui suivent sont des exemples:

Curve fitting is done in six steps. The first two steps define the LP_{01} region, or upper wavelength region. The second two steps define the transition region, where LP_{01} 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 either method A or method B. $\alpha(\lambda)$ is used to represent $A_b(\lambda)$ or $A_m(\lambda)$.

23.6.3.1 Step 1 – Define the upper wavelength region

For method B, 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 minimum.

For method A, the following simulates the procedure for multimode reference:

Find the maximum attenuation wavelength. For wavelengths greater than the maximum attenuation wavelength, the lowest wavelength of the region is the wavelength at which the following function is minimum:

$$\alpha(\lambda) - 8 + 8 \lambda \quad (\lambda \text{ in micrometres})$$

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

23.6.3.2 Step 2 – Characterize the attenuation curve, $\alpha(\lambda)$, of the upper wavelength region as a linear equation in wavelength, λ :

$$\alpha(\lambda) = A_u + B_u \lambda$$

For the bend reference method, B_u is set to 0 and A_u is set to the median of the attenuation values in the upper wavelength region. For the multimode reference method, the attenuation values of the upper wavelength region can be fitted using a special technique to avoid the effects of positive humps:

- A_u and B_u are found by simplex regression so that the sum of absolute values of error is minimum and such that all errors are non-negative;
- the median of the errors is determined and added to A_u .

For both methods, define a function, $a(\lambda)$, to represent the difference between the attenuation and the line fit to the upper wavelength region:

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

23.6.3.3 Step 3 – Determine the upper wavelength of the transition region

Starting at the upper wavelength of the upper wavelength region, from step 1, the upper wavelength of the transition region is the maximum wavelength at which $a(\lambda) > 0,1 \text{ dB} + 10 \text{ nm}$.

23.6.3.4 Step 4 – Determine the lower wavelength of the transition region

There are various methods to determine this wavelength. The following are examples.

- a) En commençant à la plus grande longueur d'onde de la région de transition, obtenue à l'étape 3, trouver la longueur d'onde à laquelle $a(\lambda)$ représente un maximum local, et telle que la différence entre ce maximum et le minimum local suivant (pour une valeur plus grande de λ) soit maximale.
- b) La plus grande longueur d'onde, en dessous de la plus haute longueur d'onde de la région de transition, telle que:

$$a(\lambda) > 2 \text{ dB};$$

Il y a un maximum local pour $a(\lambda)$ ou

Il y a un maximum local pour $a(\lambda) - a(\lambda + 10 \text{ nm})$

23.6.3.5 Etape 5 – Caractériser la région de transition à l'aide du modèle théorique

Le modèle est une régression linéaire d'une transformation:

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

où $C = 10 \log [\rho/(10^{0,01} - 1)]$ et, sauf spécification contraire, $\rho = 2$.

La transformée, $Y(\lambda)$, est ajustée sur le modèle linéaire suivant en utilisant les données de la région de transition:

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

Pour limiter les effets des bosses positives, la régression peut être faite avec des contraintes sur les erreurs de telle sorte que les erreurs négatives sur la courbe d'affaiblissement n'excèdent pas les erreurs négatives trouvées dans la caractérisation de la région des grandes longueurs d'onde. Cette technique d'ajustement peut s'effectuer par des méthodes simples.

Soit $E = \min(a(\lambda))$, pour λ dans la région des grandes longueurs d'onde.

Pour la région de transition, A_t et B_t sont obtenus de sorte que la somme des valeurs absolues des erreurs de régression soit minimisée et qu'aucune erreur ne soit inférieure à $-\nu(\lambda)$, avec $\nu(\lambda)$ défini comme:

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

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

$$\nu(\lambda) = Y(\lambda) - z(\lambda)$$

- a) Starting with the upper wavelength of the transition region from step 3, find the wavelength at which $a(\lambda)$ has a local maximum and so the difference between this maximum and the next local minimum (at larger λ) is maximum.
- b) The largest wavelength, below the upper wavelength of the transition region, such that:

$$a(\lambda) > 2 \text{ dB};$$

there is a local maximum for $a(\lambda)$ or

there is a local maximum for $a(\lambda) - a(\lambda + 10 \text{ nm})$.

23.6.3.5 Step 5 – Characterize the transition region with the theoretical model

The model is a linear regression of a transformation:

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

where

$C = 10 \log [\rho/(10^{0.01} - 1)]$ and, unless otherwise specified, $\rho = 2$.

The transform, $Y(\lambda)$, is fit to the following linear model using data in the transition region:

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

To limit the effect of positive humps, the regression may be done with constraints on errors so 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.

Let $E = \min(a(\lambda))$, for λ in the upper wavelength region.

For the transition region, A_t and B_t are found so the sum of absolute values of regression errors is minimized and so that no error is less than $-v(\lambda)$, with $v(\lambda)$ defined as:

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

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

$$v(\lambda) = Y(\lambda) - z(\lambda)$$

23.6.3.6 Etape 6 – Evaluer la pente de la région de transition et calcul de la longueur d'onde de coupure λ_c

Si B_t est plus grand qu'une petite valeur négative, par exemple -1 à $-0,1$, réduire de 10 nm la plus grande longueur d'onde de la région de transition et répéter l'étape 5. Sinon calculer λ_c comme:

$$\lambda_c = -\frac{A_t}{B_t}$$

23.7 Résultats

23.7.1 Les informations suivantes doivent être fournies avec chaque essai:

- date de l'essai;
- numéro d'identification de l'échantillon;
- définition de la longueur d'onde de coupure λ_c ou λ_{cc} utilisée;
- longueur d'onde de coupure λ_c ou λ_{cc} obtenue;
- configuration de déploiement utilisée;
- titre de l'essai et méthode (A ou B) utilisée.

23.7.2 Les informations suivantes doivent être fournis sur demande:

- échantillon en essai, y compris sa longueur, sa courbure et les conditions de déploiement;
- source lumineuse;
- monochromateur (y compris la région d'exploration spectrale, la largeur spectrale et les paliers d'incrémentations);
- dispositif optique d'injection;
- extracteur des modes de gaine;
- mécanismes de support de l'échantillon en essai;
- dispositif optique de détection;
- techniques de détection et d'enregistrement;
- type de fibre multimodale (méthode B seulement);
- tracé typique de la courbe spectrale $A_b(\lambda)$ ou $A_m(\lambda)$.

23.6.3.6 Step 6 – Evaluate the slope of the transition region and compute the cut-off wavelength, λ_c

If B_t is greater than a small negative value, e.g. -1 to $-0,1$, reduce the upper wavelength of the transition region by 10 nm and repeat step 5. Otherwise, compute λ_c as

$$\lambda_c = -\frac{A_t}{B_t}$$

23.7 Results

23.7.1 The following information shall be reported with each test:

- date of test;
- sample identification number;
- the cut-off wavelength definition, λ_c or λ_{cc} used;
- the cut-off wavelength λ_c or λ_{cc} obtained;
- deployment configuration used;
- test title and method (A or B) used.

23.7.2 Information that shall be available on request:

- test sample, including its length, bend, and deployment conditions;
- light source;
- monochromator (including spectral scanning range, spectral width, and incremental steps);
- launch optics;
- cladding-mode stripper;
- test sample support mechanisms;
- detection optics;
- detection and recording techniques;
- multimode fibre type (method B only);
- typical plot of the spectral curve $A_b(\lambda)$ or $A_m(\lambda)$.

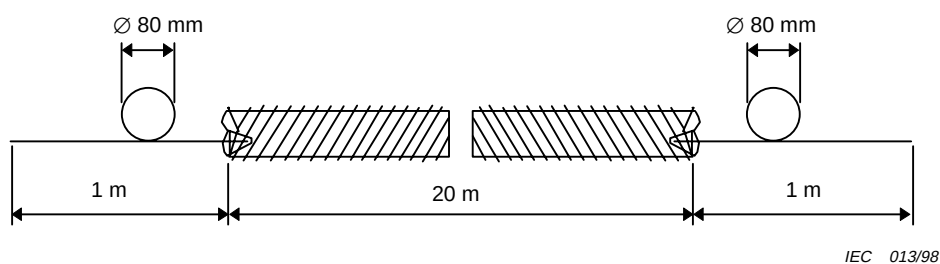


Figure 41 – Configuration 1 par défaut relative au déploiement d'une fibre câblée pour mesurer λ_{cc}

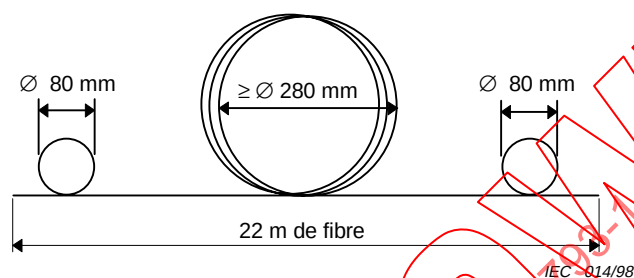


Figure 42 – Configuration 2 par défaut relative au déploiement d'une fibre non câblée pour mesurer λ_{cc}

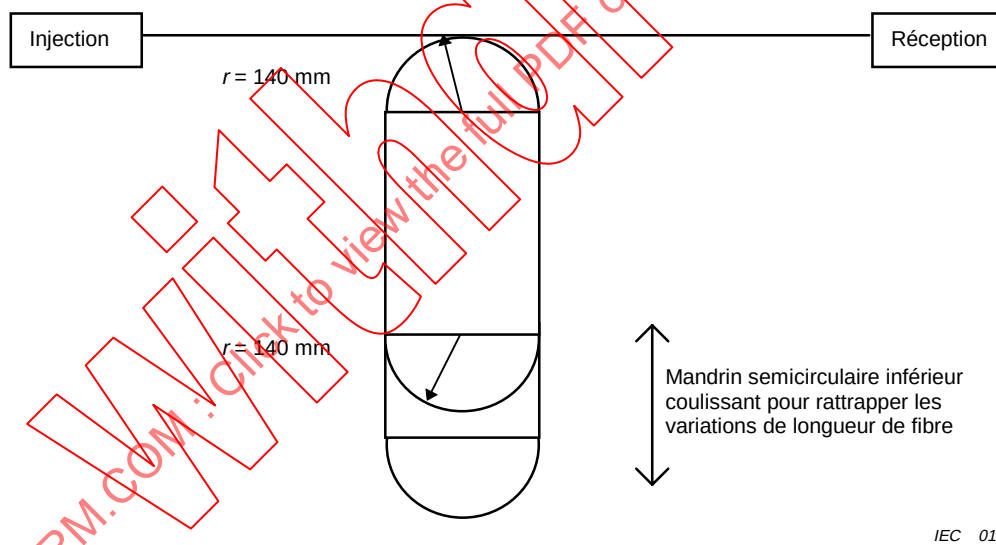


Figure 43 – Configuration par défaut pour mesurer λ_c

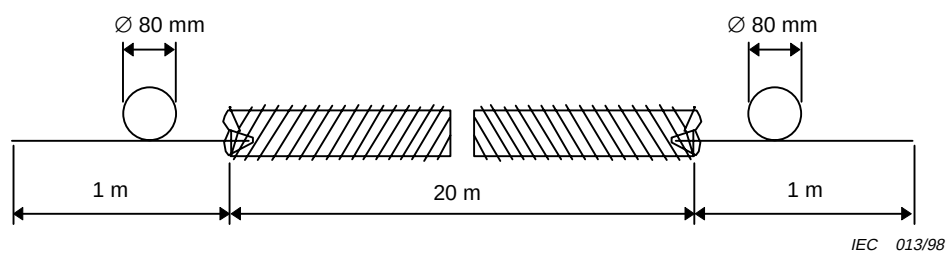


Figure 41 – Default configuration 1 for cabled fibre deployment to measure λ_{cc}

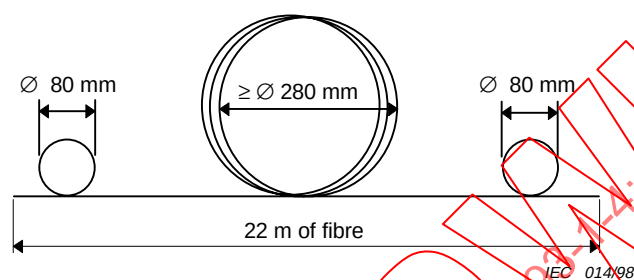


Figure 42 – Default configuration 2 for uncabled fibre deployment to measure λ_{cc}

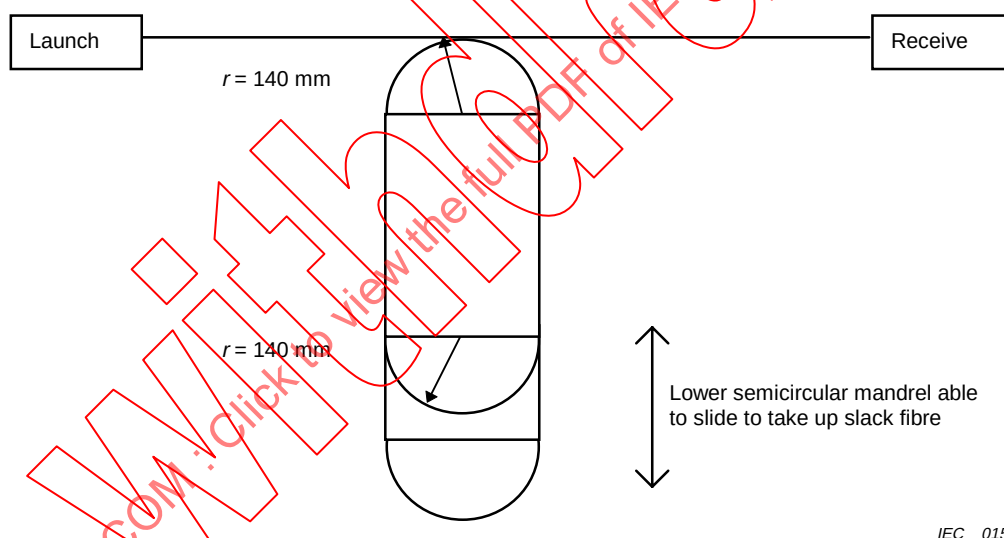


Figure 43 – Default configuration to measure λ_c

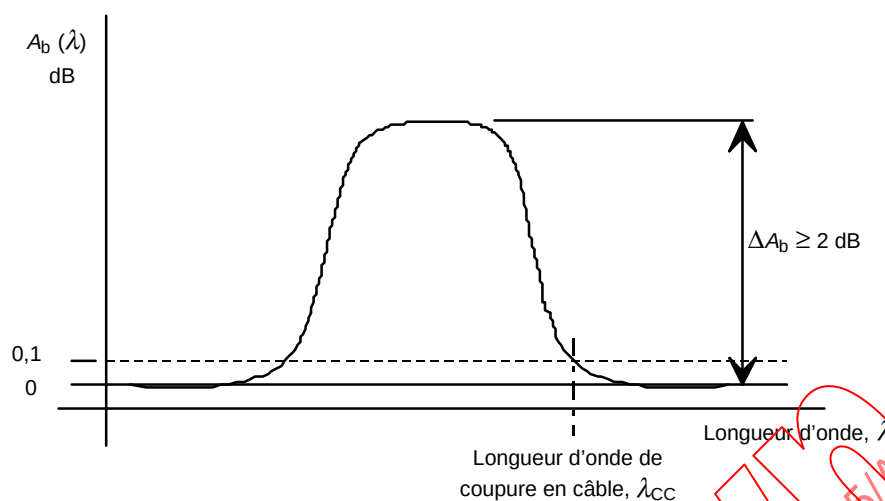


Figure 44 – Détermination de la longueur d'onde de coupure en câble par la méthode A de la fibre de référence courbée

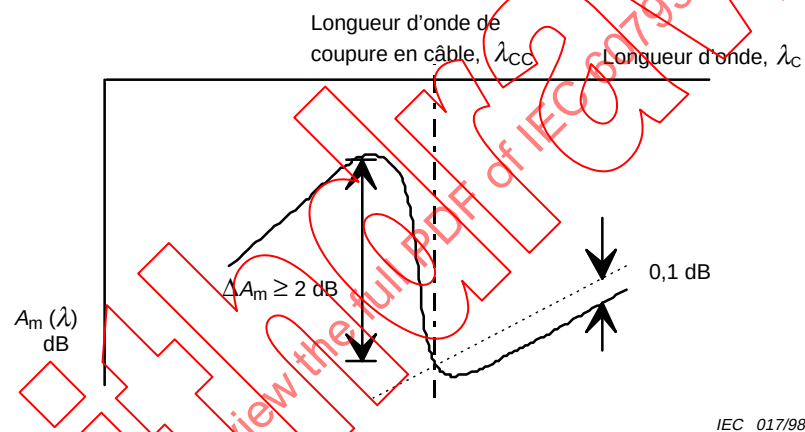


Figure 45 – Détermination de la longueur d'onde de coupure en câble par la méthode B de la fibre de référence multimodale

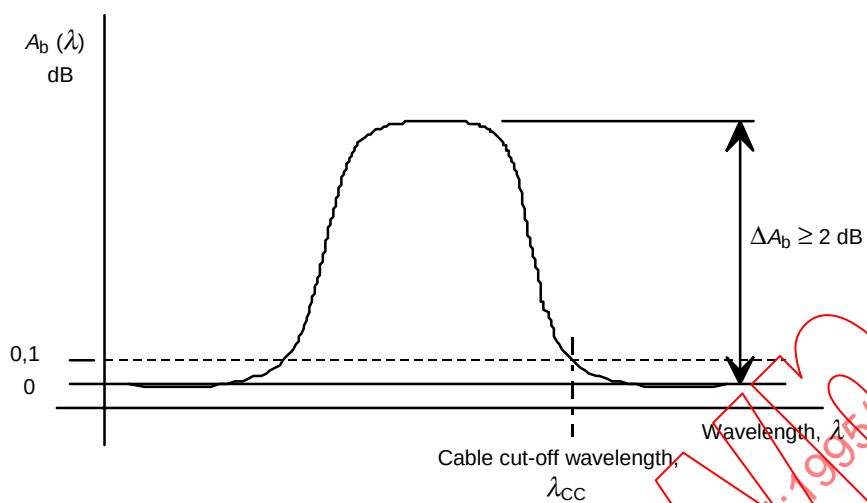


Figure 44 – Cable cut-off wavelength determination by the bend reference method A

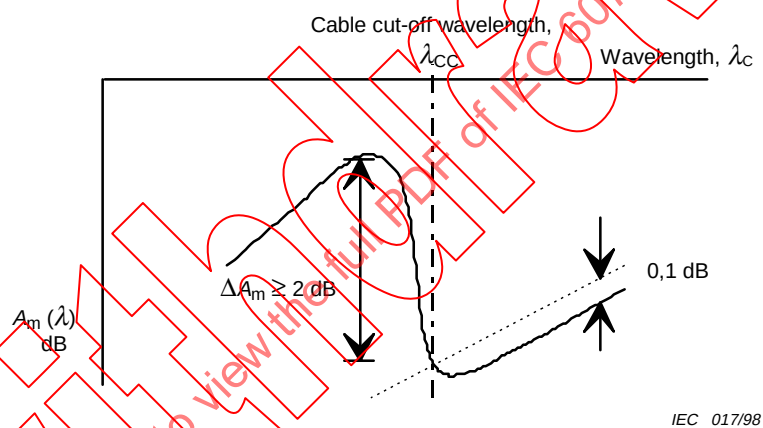


Figure 45 – Cut-off wavelength determination by the multimode reference method B

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-4:1995/AMD2:1998

Withdrawn