

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC

60793-1-2

1995

AMENDEMENT 2  
AMENDMENT 2  
2000-10

---

---

Amendement 2

**Fibres optiques –**

**Partie 1-2:  
Spécification générique –  
Méthodes de mesure des dimensions**

Amendment 2

**Optical fibres –**

**Part 1-2:  
Generic specification –  
Measuring methods for dimensions**

© IEC 2000 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

K

*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/583/FDIS	86A/617/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.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant 2000. A cette date, la publication sera

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

Page 2

### SOMMAIRE

Ajouter le titre du nouvel article et de la nouvelle annexe suivants:

15 Méthode CEI 60793-1-A8 – Mesure de la longueur d'une fibre par la méthode du déphasage

Annexe A (informative) Détermination de l'indice de groupe

Page 10

### Tableau 1 – Dimensions des fibres optiques (tel que modifié par l'amendement 1)

Ajouter la nouvelle ligne suivante, à la fin du tableau:

CEI 60793-1-A8	Déphasage	Longueur de la fibre
----------------	-----------	----------------------

Remplacer les notes 1, 2 et 3 comme suit:

- 1 Il convient de limiter les techniques de mesure du diamètre de cœur, champ proche réfracté et répartition de la lumière en champ proche, aux fibres de catégorie A1.
- 2 Lors de l'utilisation des méthodes d'essai mécaniques (CEI 60793-1-A4) il est recommandé de mentionner «à l'étude» pour la mesure des diamètres du revêtement primaire et du revêtement protecteur dans l'attente d'études complémentaires démontrant que cette méthode convient pour mesurer ces paramètres.
- 3 Il convient que le texte de la note 2 soit complété par «... pour les fibres de catégorie B1.», car cette note s'applique uniquement aux fibres de catégorie B1.

## 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/583/FDIS	86A/617/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.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until 2000. At this date, the publication will be

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- withdrawn;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

Page 3

## CONTENTS

Add the title of the following new clause and new annex:

15 Method IEC 60793-1-A8 – Length measurement of an optical fibre by the phase-shift method

Annex A (informative) Determination of group index

Page 11

**Table 1 – Dimensions of optical fibres (as updated by amendment 1)**

Add the following new line at the end of the table:

IEC 60793-1-A8	Phase shift	Length of fibre
----------------	-------------	-----------------

Replace notes 1, 2 and 3 as follows:

- 1 The core diameter measurement techniques, refracted near-field and near-field light distribution, should be restricted to A1 category fibres.
- 2 The use of mechanical test methods (IEC 60793-1-A4) should be labelled “under consideration” for measuring the diameters of the primary coating and buffer pending further study to demonstrate that this method is suitable to measure these parameters.
- 3 The text “... for B1 category fibre.” should be appended to note 2, since this note only applies to B1 category types.

Ajouter, après le paragraphe 14.5.2, le nouvel article 15 suivant:

## **15 Méthode CEI 60793-1-A8 – Mesure de la longueur d'une fibre optique par la méthode du déphasage**

### **15.1 Objet**

La présente méthode d'essai décrit une procédure de mesure de la longueur d'une fibre optique. Elle peut être utilisée pour mesurer une fibre câblée ou non. Elle peut s'appliquer aux longueurs de fibre, généralement dans la gamme comprise entre moins de 1 m et plusieurs kilomètres pour les fibres de type A1 et plusieurs centaines de kilomètres pour les fibres de type B.

NOTE La longueur de la fibre câblée n'est pas nécessairement la même que la longueur de la gaine de câble.

La longueur d'une fibre optique est souvent utilisée en tant que facteur de normalisation dans la mesure des paramètres de transmission, tels que l'atténuation, la dispersion chromatique et la largeur de bande modale. Il existe trois méthodes communément utilisées pour déterminer la longueur de fibre. Il s'agit de méthode de comptage mécanique (à l'étude, avec pour référence prévue CEI 60793-1-A5) où la longueur de fibre est déterminée à partir du nombre de tours susceptibles d'être effectués sur un touret de diamètre connu, la méthode du domaine temporel (CEI 60793-1-A6) où le temps de trajet d'une impulsion de rayonnement optique est mesuré, et la méthode du domaine fréquentiel où le déphasage d'une source à modulation d'intensité est mesuré à la sortie de la fibre. La première méthode est la plus directe et la plus employée pendant le processus de fabrication de la fibre. Les deux autres méthodes sont équivalentes et dépendent d'une connaissance de l'indice de groupe de la fibre. L'indice de groupe est le rapport de la vitesse de la lumière dans le vide à la vitesse de la propagation de la lumière dans la fibre, à la longueur d'onde de mesure. Une méthode de détermination de l'indice de groupe est donnée à l'annexe A. L'indice de groupe peut aussi être déterminé en utilisant la CEI 60793-1-A6, à condition que la longueur de fibre soit suffisante.

### **15.2 Domaine d'application**

Cette méthode peut être appliquée à toutes les fibres unimodales de type B et aux fibres à gradient d'indice multimodales de type A1, dans la mesure où certaines conditions d'injection sont remplies. L'application de cette méthode aux fibres de types A2, A3 et A4 n'est pas définie.

### **15.3 Appareillage**

Un schéma de l'appareillage de mesure est présenté à la figure 15. L'appareillage utilisé dans cette méthode de mesure peut aussi être configuré pour mesurer la dispersion chromatique d'une fibre. La mesure de la dispersion chromatique par la méthode de déphasage est décrite dans la méthode CEI 60793-1-C5A.

#### **15.3.1 Source lumineuse**

Il est possible d'utiliser soit une diode laser soit une diode électroluminescente filtrée. La longueur d'onde centrale et la phase de sortie modulée doivent être stables pendant le temps de mesure au courant de polarisation, à la fréquence de modulation et à la plage de températures de diode rencontrées.

La largeur spectrale de la source à une largeur à mi-crête (FWHM) doit être inférieure ou égale à 30 nm. Si nécessaire, cela peut être réalisé en utilisant un monochromateur ou un filtre optique.

Add, after subclause 14.5.2, the following new clause 15:

## **15 Method IEC 60793-1-A8 – Length measurement of an optical fibre by the phase-shift method**

### **15.1 Object**

This test method describes a procedure for measuring the length of an optical fibre. It may be used to measure uncabled or cabled fibre. It may be applied to fibre lengths typically in the range of less than 1 m to several kilometres for type A1 fibres and to several hundreds of kilometres for type B fibres.

NOTE The cabled fibre length is not necessarily the same as the cable sheath length.

The length of an optical fibre is often used as a normalizing factor in the measurement of transmission parameters, such as attenuation, chromatic dispersion and modal bandwidth. There are three methods that are commonly used to determine fibre length; these are the mechanical-counter method (under consideration as IEC 60793-1-A5) where the fibre length is determined from the number of turns that can be wound onto a drum of a known diameter, the time-domain method (IEC 60793-1-A6) where the time of flight of a pulse of optical radiation is measured, and the frequency-domain method where the phase shift of an intensity modulated source is measured at the output of the fibre. The first method is the most direct and is often employed during the manufacturing process of the fibre. The other two methods are equivalent, and both depend on a knowledge of the group index of the fibre. The group index is the ratio of the velocity of light in a vacuum to the velocity of light propagation in the fibre, at the wavelength of measurement. A procedure to determine the group index is given in annex A. The group index may also be determined using IEC 60793-1-A6, provided that the fibre length is sufficiently long.

### **15.2 Scope**

This method may be applied to all type B single-mode fibres and to type A1 multimode graded-index fibres, provided certain launch conditions are met. Application of this method for fibre types A2, A3 and A4 is not defined.

### **15.3 Apparatus**

A diagram of the measurement apparatus is shown in figure 15. The apparatus used in this measurement method may also be configured to measure the chromatic dispersion of a fibre. Measurement of chromatic dispersion by the phase-shift method is described in method IEC 60793-1-C5A.

#### **15.3.1 Light source**

Either a laser diode or a filtered light-emitting diode may be used. The centre wavelength and modulated output phase shall be stable over the measurement time period at the bias current, modulation frequency and diode temperature range encountered.

The spectral width of the source at full-width half-maximum (FWHM) shall be less than or equal to 30 nm. This may be achieved using a monochromator or optical filter, if necessary.

### 15.3.2 Modulateur

Fournir un moyen de moduler l'intensité de la sortie de la source optique sur une large plage de fréquences, généralement à partir de 100 Hz environ jusqu'à quelques gigahertz, afin de produire une forme d'onde dotée d'une composante de Fourier dominante unique, tel qu'une onde sinusoïdale.

Le choix d'une fréquence de modulation est déterminé par la longueur de fibre maximale à mesurer et la précision de mesure prescrite. Afin d'éviter les ambiguïtés causées par les déphasages  $2\pi$ , où il existe plus d'un cycle de modulation complet dans la fibre, il est nécessaire de débiter avec une basse fréquence et de compter le nombre de cycles complets, en augmentant lentement la fréquence. Il est important que le nombre de déphasages  $2\pi$  soit compté de façon claire. L'utilisation d'une fréquence plus élevée donne habituellement une mesure de longueur plus précise. Pour une longueur de fibre donnée  $L$ , en mètres, la fréquence maximale de démarrage  $f_{\text{start}}$ , en hertz, est donnée par:

$$f_{\text{start}} \leq \frac{c}{N \times L} \quad (3)$$

où

$c$  est la vitesse de la lumière dans le vide, en mètres par secondes (m/s);

$N$  est l'indice de groupe.

Par exemple, pour une longueur de 10 km, une valeur maximale type de  $f_{\text{start}}$  serait de 20 kHz.

En variante, si la fréquence de démarrage a déjà été choisie, alors la longueur maximale de fibre susceptible d'être mesurée peut être calculée à partir d'une réorganisation de l'équation (3).

Le choix de la fréquence supérieure,  $f_{\text{max}}$ , le bruit de phase correspondant à cette fréquence et l'incertitude quant à la fréquence de modulation elle-même détermine la résolution de mesure. Pour un changement de phase minimal mesurable de  $\Delta\phi$ , en radians, la longueur minimale de résolution  $\Delta L$ , en l'absence de bruit de phase et d'incertitude de fréquence, est donnée par:

$$\Delta L = \frac{\Delta\phi \times c}{f_{\text{max}} \times N \times 2\pi} \quad (4)$$

Noter que la valeur de  $\Delta\phi$  peut dépendre de la fréquence de modulation utilisée.

En variante, pour une résolution de longueur de fibre donnée, la fréquence maximale prescrite peut être déterminée à partir d'une réorganisation de l'équation (4).

Par exemple, pour une résolution de phase de 0,01 radians et une fréquence maximale de 100 MHz, la résolution de longueur serait approximativement de 3 mm.

### 15.3.3 Optique d'injection

Coupler la lumière de la source dans la fibre en essai, par exemple en créant une image optique de la source sur l'extrémité de la fibre en essai ou par couplage en butée directe à partir d'une fibre amorce qui est couplée à la source. Pour les fibres de type A1, il est nécessaire de restreindre les conditions d'injection de façon à exciter seulement les modes d'ordre inférieur dans la fibre afin de minimiser les effets de dispersion modale. Cela peut être effectué avec l'utilisation de n'importe quelle méthode de 7.2 de la CEI 60793-1-4, filtre de modes du type fibre amorce (y compris fibres unimodales, enroulement autour d'un mandrin, combinaison embrouilleur de modes et filtre de modes, injection par système d'optique géométrique). La précision de la mesure pour la fibre A1 peut être affectée par des variations du filtre de modes, la longueur d'onde utilisée et la dispersion modale de la fibre à l'essai.

### 15.3.2 Modulator

Provide a means to modulate the intensity of the output of the optical source over a wide frequency range, typically from about 100 Hz up to a few gigahertz, to produce a waveform that has a single dominant Fourier component, such as a sine wave.

The choice of modulation frequency is determined by the maximum fibre length that is to be measured and the measurement precision that is required. In order to avoid ambiguities caused by  $2\pi$  phase shifts, where there is more than one complete modulation cycle in the fibre, it is necessary to start with a low frequency and count the number of complete cycles as the frequency is slowly increased. It is important that the number of  $2\pi$  phase shifts are counted unambiguously. The use of a higher frequency usually gives a more precise measurement of length. For a given fibre length  $L$ , in metres, the maximum starting frequency,  $f_{\text{start}}$ , in hertz, is given by:

$$f_{\text{start}} \leq \frac{c}{N \times L} \quad (3)$$

where

$c$  is the velocity of light in a vacuum, in metres per second (m/s);

$N$  is the group index.

For example, for a length of 10 km a typical maximum value of  $f_{\text{start}}$  would be 20 kHz.

Alternatively, if the starting frequency has already been chosen, then the maximum length of fibre that can be measured may be calculated from a re-arrangement of equation (3).

The choice of upper frequency,  $f_{\text{max}}$ , the corresponding phase noise at this frequency and the uncertainty of the modulation frequency itself will determine the measurement resolution. For a minimum measurable phase change of  $\Delta\phi$ , in radians, the minimum resolvable length  $\Delta L$ , in the absence of phase noise and frequency uncertainty, is given by:

$$\Delta L = \frac{\Delta\phi \times c}{f_{\text{max}} \times N \times 2\pi} \quad (4)$$

Note that the value of  $\Delta\phi$  may depend on the modulation frequency used.

Alternatively, for a given fibre length resolution, the maximum frequency required may be determined from a re-arrangement of equation (4).

For example, for a phase resolution of 0,01 radians and a maximum frequency of 100 MHz, the length resolution would be approximately 3 mm.

### 15.3.3 Launch optics

Couple light from the source into the fibre under test by, for example, optically imaging the source onto the end of the test fibre or by direct butt coupling from a fibre pigtail that is coupled to the source. For type A1 fibres, it is necessary to restrict the launch conditions so as to excite only low-order modes in the fibre in order to minimize the effects of modal dispersion. This may be done with the use of any of the methods of 7.2 of IEC 60793-1-4, dummy fibre mode filter (including single-mode fibre; mandrel wrap; combined mode scrambler and mode filter or geometrical optics launch). The accuracy of the measurement for A1 fibre may be affected by variations in the mode filter, the wavelength used and the modal dispersion of the fibre being tested.

#### 15.3.4 Détecteur de signal et dispositif électronique de détection de signal

Pour la détection de signal, utiliser un détecteur optique sensible à la longueur d'onde de mesure, stable sur la durée de la mesure et linéaire sur la plage de modulation de l'intensité. Un amplificateur peut être utilisé pour augmenter la sensibilité de la détection.

Coupler la lumière de la fibre en essai sur le détecteur en utilisant, par exemple, l'imagerie directe avec des lentilles ou une fibre amorce directement couplée à un détecteur. Pour les fibres de type A1, il est nécessaire de collecter uniquement la lumière de modes d'ordre inférieur dans la fibre en essai. Cela peut être effectué par l'imagerie directe sur le détecteur en utilisant un système optique dans lequel l'ouverture numérique et le diamètre du point lumineux peuvent être restreints, ou par couplage direct dans une fibre amorce unimodale placée sur l'axe de la fibre en essai et en contact avec celle-ci.

Utiliser un instrument de mesure de phase – tel qu'un phasemètre, un voltmètre vectoriel ou un analyseur de réseau – qui répond seulement à la composante fondamentale de Fourier du signal de modulation pour déterminer la phase de la lumière détectée. Il faut que tout déphasage introduit par le système de mesure de phase lui-même soit constant pendant la durée de la mesure.

#### 15.3.5 Signal de référence

Un signal de référence est requis par le phasemètre qui est doté de la même composante dominante de Fourier que le signal de modulation, par rapport auquel est mesurée la phase du signal de sortie. Il faut que le signal de référence soit asservi en phase sur le signal de modulation. Le signal de référence peut être dérivé soit au moyen d'une connexion électrique directe de la source de modulation au phasemètre, soit en utilisant un détecteur couplé à un séparateur de faisceau optique ou un coupleur de fibre qui est inséré entre la source et la fibre à l'essai.

#### 15.3.6 Equipement de calcul

Un ordinateur peut être utilisé pour les besoins des commandes d'équipement, d'acquisition de données et d'évaluation numérique de données.

### 15.4 Echantillonnage et éprouvettes

L'échantillon en essai doit être une fibre qui peut ou non être câblée (à noter que cette méthode mesure la longueur de la fibre câblée, et non la gaine). Les longueurs type d'échantillons de fibres sont comprises entre 1 m et des centaines de kilomètres. Il faut que l'échantillon, l'optique d'injection et les fibres amorce, s'ils sont utilisés, soient en position fixe, à une température nominale constante pendant la durée de la mesure. Dans le cas de fibres et câbles installés, il est possible d'utiliser le déploiement et les conditions d'environnement prédominants.

Une fibre d'étalonnage de phase du même type que la fibre en essai ou des fibres amorce, le cas échéant, sont requises afin de compenser des déphasages susceptibles d'être introduits par le phasemètre ou les chemins optiques internes. Une longueur type est comprise entre zéro et 2 m.

Préparer les faces terminales pour les extrémités d'entrée et de sortie de la fibre d'étalonnage et de la fibre en essai, conformément aux prescriptions de 15.3.3 et 15.3.4.

#### 15.3.4 Signal detector and signal detection electronics

For signal detection, use an optical detector that is sensitive to the wavelength of measurement, stable over the duration of the measurement, and linear over the intensity modulation range. An amplifier may be used to increase detection sensitivity.

Couple light from the test fibre onto the detector using, for example, direct imaging with lenses or a fibre pigtail that is directly coupled to the detector. For type A1 fibres, it is necessary to collect only light from low-order modes in the test fibre. This may be achieved by direct imaging onto the detector using an optical system in which the numerical aperture and the spot size may be restricted, or by direct coupling into a single-mode fibre pigtail which is positioned on the axis of the test fibre and in contact with it.

Use a phase measuring instrument – such as a phase meter, vector voltmeter or network analyzer – that responds only to the fundamental Fourier component of the modulating signal to determine the phase of the detected light. Any phase shift that is introduced by the phase measuring system itself shall be constant for the duration of the measurement.

#### 15.3.5 Reference signal

A reference signal is required by the phase meter, which has the same dominant Fourier component as the modulating signal, against which the phase of the output signal is measured. The reference signal shall be phase-locked to the modulating signal. The reference signal may be derived by either taking a direct electrical connection from the modulation source to the phase meter, or by using a detector coupled to an optical beam splitter or fibre coupler which is inserted between the source and the test fibre.

#### 15.3.6 Computation equipment

A computer may be used for the purposes of equipment control, data acquisition and numerical evaluation of data.

#### 15.4 Sampling and specimens

The test sample shall be a fibre which may, or may not, be cabled (note that this method measures the length of the cabled fibre, not the sheath). Typical fibre sample lengths are 1 m to hundreds of kilometres. The sample, launch optics and pigtails, if used, must be fixed in position at a nominally constant temperature for the duration of the measurement. In the case of installed fibres and cables, the prevailing deployment and environmental conditions may be used.

Either a phase calibration fibre of the same type as the fibre under test, or the fibre pigtails, if used, is required to compensate for phase shifts that may be introduced by the phase meter or internal optical path lengths. A typical length is between zero and 2 m.

Prepare end faces for the input and output ends of the calibration fibre and test fibre, as appropriate for the requirements of 15.3.3 and 15.3.4.

## 15.5 Procédure

### 15.5.1 Sélection d'une fréquence de démarrage

Sélectionner une fréquence de modulation suffisamment basse  $f_{\text{start}}$ , déterminée au moyen de l'équation (3). Si la longueur approximative de la fibre n'est pas connue, utiliser alors la fréquence de modulation disponible la plus basse, mais la prudence est de mise s'agissant de la possibilité d'erreurs de phase de  $2\pi$  dans la fibre.

### 15.5.2 Sélection d'une fréquence maximale

Sélectionner une fréquence maximale appropriée  $f_{\text{max}}$ , déterminée au moyen de l'équation (4), pour la résolution de longueur prescrite.

### 15.5.3 Réalisation d'une mesure de phase

Ce paragraphe s'applique à toutes les mesures de longueur faites sur la fibre en essai et la fibre d'étalonnage de phase et, également, si cela est prescrit, pendant la détermination de l'indice de groupe.

En débutant à une fréquence de modulation  $f_{\text{start}}$ , augmenter la fréquence pour atteindre  $f_{\text{max}}$ , à une vitesse suffisante permettant de déterminer clairement le nombre  $m$  de déphasages  $2\pi$  qui se produisent. Mesurer l'angle de phase  $\phi'$  à la sortie de la fibre à  $f_{\text{max}}$ .

Calculer l'angle de phase total  $\phi$ , comme suit:

$$\phi = \phi' + m \times 2\pi \quad (5)$$

### 15.5.4 Mesure de la longueur de la fibre en essai

#### 15.5.4.1 Etalonnage de la phase de référence

En fonction de l'utilisation des fibres amorce, étalonner la phase de référence en suivant l'une des deux méthodes ci-après.

- Lorsque les fibres amorce ne sont pas utilisées, coupler une extrémité de la fibre d'étalonnage de phase (entrée) à la source lumineuse. Coupler l'autre extrémité (sortie) au système de détection. Mesurer le déphasage  $\phi_{\text{ref}}$  conformément à 15.5.3.
- Lorsque les fibres amorce sont utilisées aussi bien aux extrémités d'injection que de réception, celles-ci sont connectées ensemble pour réaliser la mesure de phase de référence au lieu d'utiliser une fibre d'étalonnage de phase séparée. Mesurer le déphasage  $\phi_{\text{ref}}$  conformément à 15.5.3.

Il est parfois souhaitable d'enlever la fibre d'étalonnage de phase et/ou les fibres amorce de l'appareil à l'issue de la mesure de référence. Mais il faut s'assurer que le déphasage qui a eu lieu dans la fibre d'étalonnage de phase et/ou les fibres amorce est connu, et qu'il est ensuite ajouté au déphasage de fibre mesuré de la fibre en essai, selon 15.5.4.2.

NOTE Normalement, il n'est pas nécessaire d'étalonner la phase de référence avant chaque mesure. L'utilisation d'une valeur de référence stockée est permise, à condition d'être conscient que la présence de dérive de phase dans le système peut dégrader l'incertitude de mesure.