NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60793-1-22

Première édition
First edition
2001-08

Fibres optiques –

Partie 1-22:
Méthodes de mesure et procédures d'essai –
Mesure de la longueur

Optical fibres –

Part 1-22:
Measurement methods and test procedures –
Length measurement

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60793-1-22:2001

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI (www.iec.ch)**
- **Catalogue des publications de la CEI**

  Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.
- **IEC Just Published**

  Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.
- **Service clients**

  Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

  Email: custserv@iec.ch
  Tél: +41 22 919 02 11
  Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site (www.iec.ch)**
- **Catalogue of IEC publications**

  The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.
- **IEC Just Published**

  This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.
- **Customer Service Centre**

  If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

  Email: custserv@iec.ch
  Tel: +41 22 919 02 11
  Fax: +41 22 919 03 00

.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60793-1-22

Première édition
First edition
2001-08

Fibres optiques –

Partie 1-22:
Méthodes de mesure et procédures d'essai – Mesure de la longueur

Optical fibres –

Part 1-22:
Measurement methods and test procedures – Length measurement

© IEC 2001 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 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 V

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

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 6
INTRODUCTION 10

1 Domaine d'application 12
2 Références normatives 12
3 Vue d'ensemble de la méthode 12
3.1 Méthode A, mesure du retard 14
3.2 Méthode B, rétrodiffusion 14
3.3 Méthode C, allongement de la fibre 14
3.4 Méthode D, longueur mécanique 14
3.5 Méthode E, déphasage 14
3.6 Méthode d'essai de référence 14
4 Appareillage 14
5 Echantillonnage et échantillons à l'essai 16
6 Procédure 16
7 Calculs 16
8 Résultats 16
9 Informations à mentionner dans la spécification 16

Annexe A (normative) Prescriptions spécifiques à la méthode A – Mesure du retard 18
Annexe B (normative) Prescriptions spécifiques à la méthode B – Rétrodiffusion 28
Annexe C (normative) Prescriptions spécifiques à la méthode C – Allongement de la fibre 42
Annexe D (normative) Prescriptions spécifiques à la méthode D – Mesure de la longueur mécanique 48
Annexe E (normative) Prescriptions spécifiques à la méthode E – Déphasage 50

Figure A.1 – Mesure du temps de propagation d'une impulsion transmise 20
Figure A.2 – Mesure du temps de propagation d'une impulsion réfléchie 20
Figure A.3 – Principe de la mesure de la longueur de la fibre 24
Figure B.1 – Schéma fonctionnel d'un RODT 28
Figure B.2– Représentation schématique du tracé RODT relatif à un échantillon (z_1 *à* z_0) avec une partie (soit une fibre amorce) de longueur inconnue, z_1, le précédant et sans une impulsion de réflexion depuis le point de jonction de la fibre (méthode à deux points (B.4.3.1)) 36

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

CONTENTS

FOREWORD 7
INTRODUCTION 11

1 Scope 13
2 Normative references 13
3 Overview of method 13
3.1 Method A – Delay measuring 15
3.2 Method B – Backscattering 15
3.3 Method C – Fibre elongation 15
3.4 Method D – Mechanical length 15
3.5 Method E – Phase shift 15
3.6 Reference test method 15
4 Apparatus 15
5 Sampling and specimens 17
6 Procedure 17
7 Calculations 17
8 Results 17
9 Specification information 17

Annex A (normative) Requirements specific to method A – Delay measuring 19
Annex B (normative) Requirements specific to method B – Backscattering 29
Annex C (normative) Requirements specific to method C – Fibre elongation 43
Annex D (normative) Requirements specific to method D – Mechanical length 49
Annex E (normative) Requirements specific to method E – Phase shift 51

Figure A.1 – Time measurement of the transmitted pulse 21
Figure A.2 – Time measurement of the reflected pulse 21
Figure A.3 – Principle of fibre-length measurement 25
Figure B.1 – Block diagram of an OTDR 29
Figure B.2 – Schematic OTDR trace of a specimen (z_1 to z_0) with a section (e.g. dead-zone fibre) of unknown length, z_1, preceding it and without a reflection pulse from the fibre joint point (two-point technique (B.4.3.1)) 37

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Figure B.3 – Représentation schématique du tracé relatif à un échantillon (z_1 *à* z_2) avec une partie (soit, une fibre amorce) de longueur inconnue, z_1, le précédant et avec une impulsion de réflexion depuis le point de jonction de la fibre (méthode à deux points (B.4.3.1)) 36

Figure B.4 – Représentation schématique d'un tracé relatif à un échantillon (0 à z_2) n'ayant aucune partie le précédant (méthode à un point (B.4.3.2)) 38

Figure B.5 – Représentation schématique d'un tracé relatif à un échantillon (z_D à z_2) avec une partie (soit une fibre amorce) de longueur connue, z_D, le précédant (méthode à un point (B.4.3.3)) 38

Figure C.1 – Montage d'essai pour la méthode de déphasage (C.2.2.1) 44

Figure C.2 – Montage d'essai pour la méthode du retard impulsionnel (C.2.2.2) 44

Figure E.1 – Appareillage de mesure de la longueur de fibre 60

Tableau 1 – Méthodes de mesure 12

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Figure B.3 – Schematic OTDR trace of specimen (z_1 *to* z_2) with a section (e.g. dead-zone fibre) of unknown length, z_1, preceding it and with a reflection pulse from the fibre joint point (two-point technique (B.4.3.1)) 37

Figure B.4 – Schematic trace of a specimen (0 to z_2) with no section preceding it (single-point technique (B.4.3.2)) 39

Figure B.5 – Schematic OTDR trace of a specimen (z_D to z_2) with a section (e.g. dead-zone fibre) of known length, z_D, preceding it (single-point technique (B.4.3.3)) 39

Figure C.1 – Equipment set-up for phase-shift technique (C.2.2.1) 45

Figure C.2 – Equipment set-up for differential pulse-delay technique (C.2.2.2) 45

Figure E.1 – Apparatus for fibre length measurement 61

Table 1 – Measurement methods 13

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-22: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Mesure de la longueur

AVANT-PROPOS

1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
5) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60793-1-22 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

La présente norme, avec les autres normes de la série CEI 60793-1-2X, annulent et remplacent la première édition de la CEI 60793-1-2, dont elles constituent une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86A/687/FDIS	86A/726/RVD

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

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

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

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRES –

Part 1-22: Measurement methods and test procedures – Length measurement

FOREWORD

1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
4) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
5) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60793-1-22 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This standard, together with the other standards in the IEC 60793-1-2X series, cancels and replaces the first edition of IEC 60793-1-2, of which it constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
86A/687/FDIS	86A/726/RVD

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

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

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

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

La CEI 60793-1-2X comprend les parties suivantes présentées sous le titre général: Fibres optiques:

- Partie 1-20: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Géométrie de la fibre;
- Partie 1-21: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Géométrie du revêtement;
- Partie 1-22: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Mesure de la longueur.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2003. A cette date, la publication sera:

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

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

IEC 60793-1-2X consists of the following parts, under the general title: Optical fibres:

- Part 1-20: Measurement methods and test procedures – Fibre geometry
- Part 1-21: Measurement methods and test procedures – Coating geometry
- Part 1-22: Measurement methods and test procedures – Length measurement

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2003. At this date, the publication will be

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

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTRODUCTION

Les publications de la série CEI 60793-1 concernent les informations essentielles sur les méthodes de mesures et les procédures d'essai s'appliquant aux fibres optiques.

Cette même série traite des différents domaines regroupés de la façon suivante:

- parties 1-10 à 1-19: Généralités
- parties 1-20 à 1-29: Méthodes de mesure et procédures d'essai des dimensions
- parties 1-30 à 1-39: Méthodes de mesure et procédures d'essai des caractéristiques mécaniques
- parties 1-40 à 1-49: Méthodes de mesure et procédures d'essai des caractéristiques optiques et de transmission
- parties 1-50 à 1-59: Méthodes de mesure et procédures d'essai des caractéristiques d'environnement.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTRODUCTION

Publications in the IEC 60793-1 series concern measurement methods and test procedures as they apply to optical fibres.

Within the same series several different areas are grouped, as follows:

- parts 1-10 to 1-19: General
- parts 1-20 to 1-29: Measurement methods and test procedures for dimensions
- parts 1-30 to 1-39: Measurement methods and test procedures for mechanical characteristics
- parts 1-40 to 1-49: Measurement methods and test procedures for transmission and optical characteristics
- parts 1-50 to 1-59: Measurement methods and test procedures for environmental characteristics.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-22: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Mesure de la longueur

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60793 établit des prescriptions uniformes pour mesurer la longueur et l'allongement de la fibre optique (typiquement dans le câble).

La longueur d'une fibre optique est une des valeurs les plus fondamentales et doit être connue pour l'évaluation des caractéristiques de transmission telles que les pertes et la bande passante.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

CEI 60793-1-42, *Fibres optiques – Partie 1-42: Méthodes de mesures et procédures d'essai – Dispersion chromatique*

CEI 60794-1-1, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-1: Spécification générique – Généralités*

3 Vue d'ensemble de la méthode

La présente norme propose cinq méthodes pour mesurer la longueur de fibre, qui sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 – Méthodes de mesure

Méthodes	Caractéristiques couvertes	Catégories de fibre couvertes	Désignation précédente
A Mesure du retard	Longueur	Toutes les catégories A1 et toutes les catégories B	CEI 60793-1-A6
B Rétrodiffusion	Longueur	Toutes les catégories A1 et toutes les catégories B	CEI 60793-1-C1C
C Allongement de la fibre [a]	Allongement de la fibre	Catégories A1 et B1 [b]	CEI 60793-1-A7
D Mécanique	Longueur	Toutes les catégories	CEI 60793-1-A5
E Déphasage	Longueur	Toutes les catégories A1 et toutes les catégories B	CEI 60793-1-A8

[a] La mesure de l'allongement de la fibre, méthode C, fait partie de plusieurs méthodes de mesure pour des fibres et des câbles à fibre optique, telles que celles de la CEI 60794-1-1.

[b] Cette mesure est applicable sans réserve aux fibres unimodales de type B. Pour les fibres multimodales de type A1, prendre un soin particulier dans l'interprétation des résultats, les résultats de cette mesure pouvant être influencés par les interférences dues aux effets modaux – par exemple, suite à des contraintes non longitudinales sur la fibre. L'application de la mesure aux fibres multimodales des catégories A2 à A4 est à l'étude.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

OPTICAL FIBRES –

Part 1-22: Measurement methods and test procedures – Length measurement

1 Scope

This part of IEC 60793 establishes uniform requirements for measuring the length and elongation of optical fibre (typically within cable).

The length of an optical fibre is one of the most fundamental values and shall be known for the evaluation of transmission characteristics such as losses and bandwidths.

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

IEC 60793-1-42, *Optical fibres – Part 1-42: Measurement methods and test procedures – Chromatic dispersion*

IEC 60794-1-1, *Optical fibre cables – Part 1-1: Generic specification – General*

3 Overview of method

This standard gives five methods for measuring length, which are presented in the following table 1.

Table 1 – Measurement methods

Method	Characteristics covered	Fibre category(ies) covered	Former designation
A Delay measuring	Length	All A1 and all B	IEC 60793-1-A6
B Backscattering	Length	All A1 and all B	IEC 60793-1-C1C
C Fibre elongation [a]	Fibre elongation	A1 and B1 [b]	IEC 60793-1-A7
D Mechanical	Length	All	IEC 60793-1-A5
E Phase shift	Length	All A1 and all B	IEC 60793-1-A8

[a] The measurement of fibre elongation, method C, is part of several measurement methods for fibres and fibre optic cables, such as those in IEC 60794-1-1.

[b] This measurement is applicable unreservedly to type B single-mode fibres. For type A1 multimode fibres, take particular care when interpreting the results because the results of this measurement may be influenced by interfering modal effects, for example, due to the occurrence of non-longitudinal stresses on the fibre. Application of the measurement to A2 to A4 multimode fibres is under consideration.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

L'information commune à toutes les mesures est contenue dans les articles 2 à 8. Des informations pour application spécifique apparaissent respectivement dans les annexes A, B, C, D, et E pour les méthodes A, B, C, D et E.

3.1 Méthode A, mesure du retard

La méthode de mesure du retard s'applique aux mesures de la longueur de la fibre par la mesure du temps de propagation d'une impulsion optique ou d'une série d'impulsions en se fondant sur une valeur connue de l'indice de groupe de la fibre.

En variante, cette méthode peut convenir pour mesurer l'indice de groupe d'une fibre de longueur connue. En pratique, cette méthode de mesure de la longueur de la fibre est étalonnée par rapport à une longueur connue d'une fibre de même type.

3.2 Méthode B, rétrodiffusion

La méthode de rétrodiffusion, qui est une mesure par un seul côté, utilise un réflectomètre optique fonctionnant dans le domaine temporel (RODT), et mesure la puissance optique qui est rétrodiffusée vers l'origine de la fibre à partir des différents points de celle-ci.

3.3 Méthode C, allongement de la fibre

La présente méthode d'essai décrit une procédure destinée à déterminer l'allongement d'une fibre. Elle ne mesure pas la tension absolue mais elle mesure plutôt les modifications de la tension entre deux conditions de charge.

3.4 Méthode D, longueur mécanique

Cette méthode de mesure décrit une procédure destinée à déterminer la longueur de la fibre en enroulant une fibre autour d'une roue étalonnée, de diamètre donné, qui tourne. La longueur est déterminée par le nombre de rotations de la roue.

3.5 Méthode E, déphasage

La méthode de déphasage décrit une procédure destinée à déterminer la longueur de la fibre. La longueur est déterminée à partir du déphasage qui a lieu lorsqu'une fréquence de modulation prédéterminée f_{max} est appliquée.

3.6 Méthode d'essai de référence

La méthode d'essai de référence (RTM), à laquelle on doit avoir recours pour régler les litiges, diffère selon que la fibre est câblée ou non, telle que:

- fibre non câblée: méthode D;
- longueur de la fibre dans le câble: méthode B;
- allongement de la fibre dans le câble: méthode C;
- allongement de la fibre non câblée: méthode C.

4 Appareillage

Les annexes A, B, C, D et E contiennent les figures et d'autres prescriptions d'équipement qui s'appliquent, respectivement, à chacune des méthodes A, B, C, D et E.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Information common to all measurements is contained in clauses 2 to 8. Information on specific application appears in annexes A, B, C, D, and E for methods A, B, C, D and E, respectively.

3.1 Method A – Delay measuring

The delay measuring method applies to measurements of the fibre length by the measurement of the propagation time of an optical pulse or a pulse train on the basis of a known value of the group index of the fibre.

Alternatively, this method is suitable for measuring the group index of a fibre of known length. Therefore, in practice this fibre length measurement method is calibrated against a known length of fibre of the same type.

3.2 Method B – Backscattering

The backscattering method, which is a single-sided measurement, uses an optical time domain reflectometer (OTDR), and measures the optical power backscattered from different points in the fibre to the beginning of the fibre.

3.3 Method C – Fibre elongation

This measurement method describes a procedure for determining the fibre elongation. It does not measure absolute strain, but instead measures the changes in strain from one loading condition to another.

3.4 Method D – Mechanical length

This measurement method describes a procedure for determining the fibre length by winding a fibre around a fixed diameter calibrated wheel that rotates. The length is determined by the number of revolutions of the wheel.

3.5 Method E – Phase shift

The phase shift method describes a procedure for determining the fibre length. The length is determined from the phase shift that occurs when a predetermined modulation frequency f_{max} is applied.

3.6 Reference test method

The reference test method (RTM), which shall be the one used to settle disputes, varies depending on whether the fibre is cabled or not, such as

– uncabled fibre: method D;
– length of fibre within cable: method B;
– elongation of fibre within cable: method C;
– elongation of uncabled fibre: method C.

4 Apparatus

Annexes A, B, C, D and E include layout drawings and other equipment requirements for each of the methods A, B, C, D and E, respectively.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5 Echantillonnage et échantillons à l'essai

Voir l'annexe appropriée A, B, C, D, ou E pour les prescriptions spécifiques. Les prescriptions générales suivent.

Préparer une face d'extrémité plane, perpendiculaire à l'axe de la fibre, à l'extrémité d'entrée et à l'extrémité de sortie de chaque échantillon à l'essai pour les mesures basées sur des mesures de retard optiques.

6 Procédure

Voir l'annexe appropriée A, B, C, D ou E, pour les prescriptions spécifiques.

7 Calculs

Voir l'annexe appropriée A, B, C, D ou E, pour les prescriptions spécifiques.

8 Résultats

Les informations suivantes doivent être fournies pour chaque mesure:

– la date et le titre de la mesure;
– l'identification et la description de l'échantillon, indiquant s'il s'agit d'une fibre ou d'un câble;
– la longueur de l'échantillon, ou l'allongement;
– la méthode de mesure utilisée: A, B, C, D ou E;
– tous autres résultats, tels que demandés dans les annexes, A, B, C, D ou E.

Les informations suivantes doivent être fournies sur demande:

– la description du dispositif d'appareil de mesure;
– le type et la longueur d'onde de la source de mesure;
– les conditions d'injections;
– les détails de la méthode de calcul;
– la date de l'étalonnage le plus récent de l'équipement.

Voir les annexes A, B, C, D et E pour les informations supplémentaires qui doivent être fournies sur demande.

9 Informations à mentionner dans la spécification

La spécification particulière doit spécifier les informations suivantes:

– le type et la longueur de la fibre (ou du câble) à mesurer;
– les critères de refus et d'acceptation;
– les informations à reporter;
– les changements applicables par rapport à la procédure.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5 Sampling and specimens

See the appropriate annex A, B, C, D or E for specific requirements. General requirements follow.

Prepare a flat end face, perpendicular to the fibre axis, at the input and output ends of each specimen for measurements based on optical delay measurements.

6 Procedure

See the appropriate annex A, B, C, D or E for specific requirements.

7 Calculations

See the appropriate annex A, B, C, D or E for specific requirements.

8 Results

The following information shall be provided with each measurement:

– date and title of measurement;
– identification and description of specimen, including whether fibre or cable;
– specimen length, or elongation;
– measurement method used: A, B, C, D or E;
– other results, as required by the appropriate annex, A, B, C, D or E.

The following information shall be available upon request:

– description of measurement apparatus arrangement;
– type and wavelength of measurement source;
– launch conditions;
– details of computation technique;
– date of latest calibration of equipment.

See annexes A, B, C, D and E for any additional information that shall be available upon request.

9 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;
– deviations to the procedure that apply.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe A
(normative)

Prescriptions spécifiques à la méthode A – Mesure du retard

A.1 Généralité

Utiliser cette méthode pour mesurer la longueur de la fibre optique par elle-même, ou installée dans le câble. Si l'échantillon à l'essai est une fibre dans un câble, déterminer la valeur de l'indice de groupe, *N*, sous des conditions applicables pendant la mesure de l'échantillon (par exemple, tension, température). Cela est fait en inversant l'équation (A.1) et les mesures sur un échantillon de longueur connue.

A.2 Principe

Une impulsion optique se propageant dans une fibre de longueur *L* et l'indice de groupe moyen *N* aura un temps de transmission de retard, Δt

$$\Delta t = \frac{NL}{C} \qquad \text{(A.1)}$$

où

Δt est le temps de retard;

N est l'indice de groupe moyen;

C est la vitesse de la lumière dans le vide.

Si *N* est connu, la mesure de Δt donne *L.* Par ailleurs, la mesure de Δt donne la valeur de *N* lorsque *L* est connu.

A.3 Appareillage

A.3.1 Deux méthodes

Il existe deux méthodes pour mesurer le temps de propagation d'une impulsion optique:

– mesure du temps d'une impulsion transmise (Δt mesuré);

– mesure du temps d'une impulsion réfléchie ($2\Delta t$ mesuré).

Voir les figures A.1 et A.2 pour les deux montages correspondant aux deux techniques utilisant un oscilloscope à échantillonnage.

A la place de l'oscilloscope à échantillonnage, un équipement de rétrodiffusion ou un compteur muni de portes démarrage/arrêt séparées, et avec possibilité de moyennage (par exemple au moins 10^4 coups) peuvent être utilisés.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex A
(normative)

Requirements specific to method A – Delay measuring

A.1 General

Use this method to measure the length of optical fibre by itself, or installed in cable. If the specimen is a fibre in a cable, determine the value of group index N under conditions applicable to the specimen under measurement (for example, tension, temperature). This is done by inverting equation (A.1) and the measurements on a specimen with a known length.

A.2 Principle

An optical pulse travelling through an optical fibre with length L and average group index N experiences a travelling/delay time, Δt:

$$\Delta t = \frac{NL}{C} \tag{A.1}$$

where

Δt is the time delay;

N is the average group index;

C is the velocity of light in vacuum.

If N is known, the measurement of Δt gives L. On the other hand, the measurement of Δt gives the value of N when L is known.

A.3 Apparatus

A.3.1 Two techniques

There are two techniques for measuring the propagation time of an optical pulse:

– time measurement of the transmitted pulse (Δt measured);

– time measurement of the reflected pulse ($2\Delta t$ measured).

See figures A.1 and A.2 for two different arrangements corresponding to the two techniques applying a sampling oscilloscope.

Instead of the sampling oscilloscope, backscattering equipment, or a counter with separate start/stop gate and averaging capability (for example, at least 10^4 counts), can be used.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

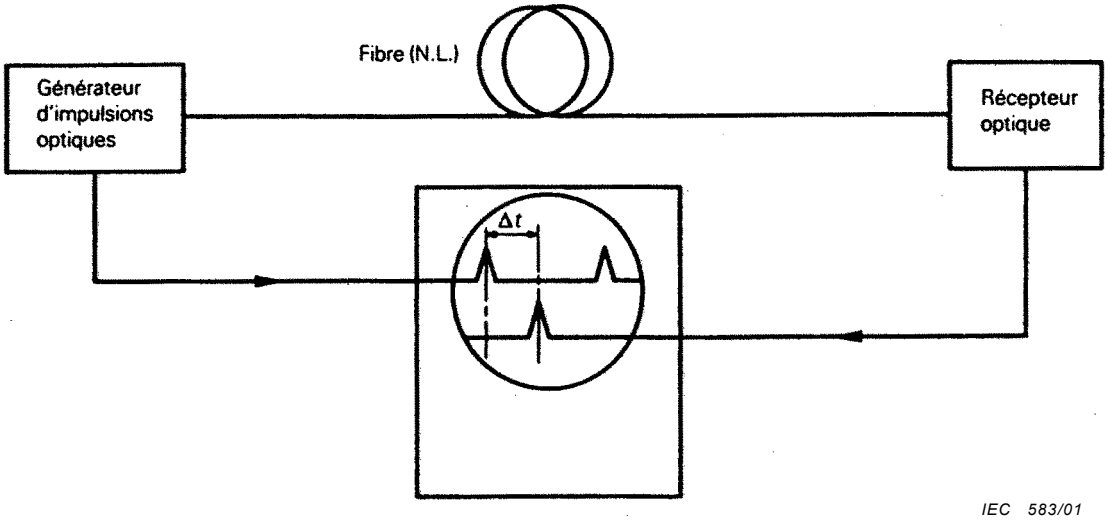

Figure A.1 – Mesure du temps de propagation d'une impulsion transmise

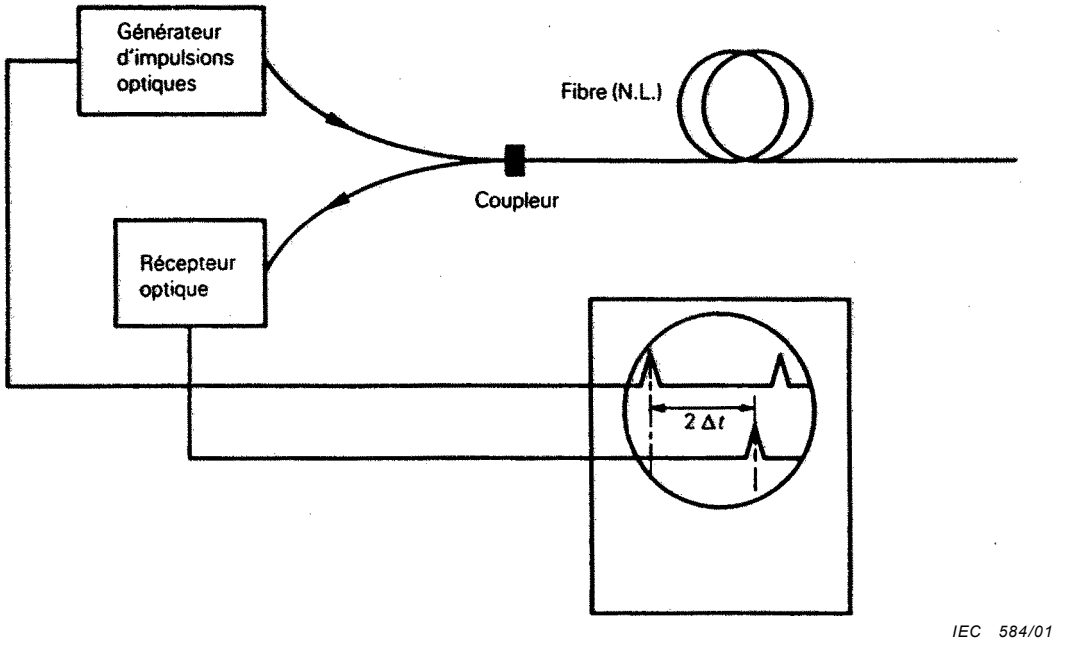

Figure A.2 – Mesure du temps de propagation d'une impulsion réfléchie

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

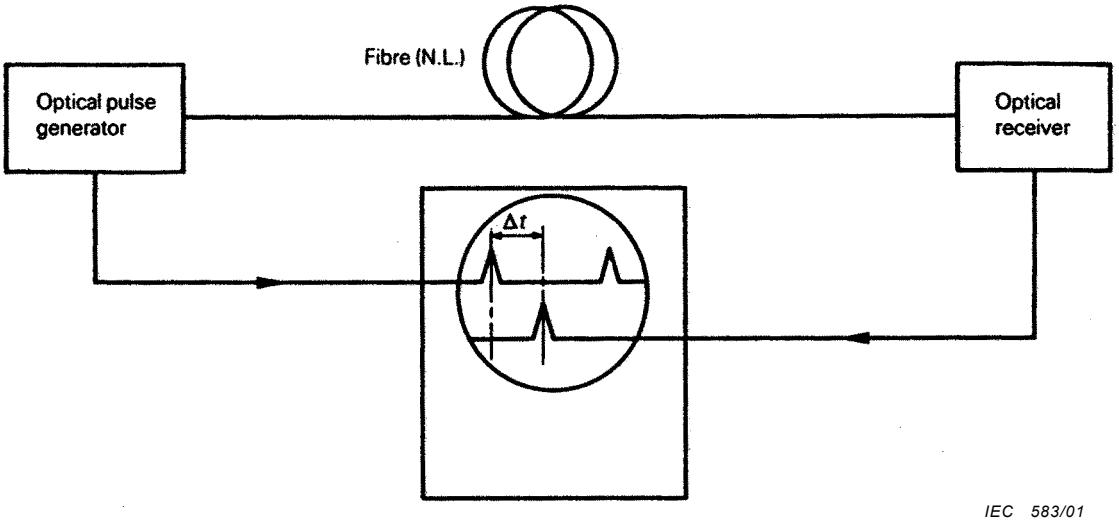

Figure A.1 – Time measurement of the transmitted pulse

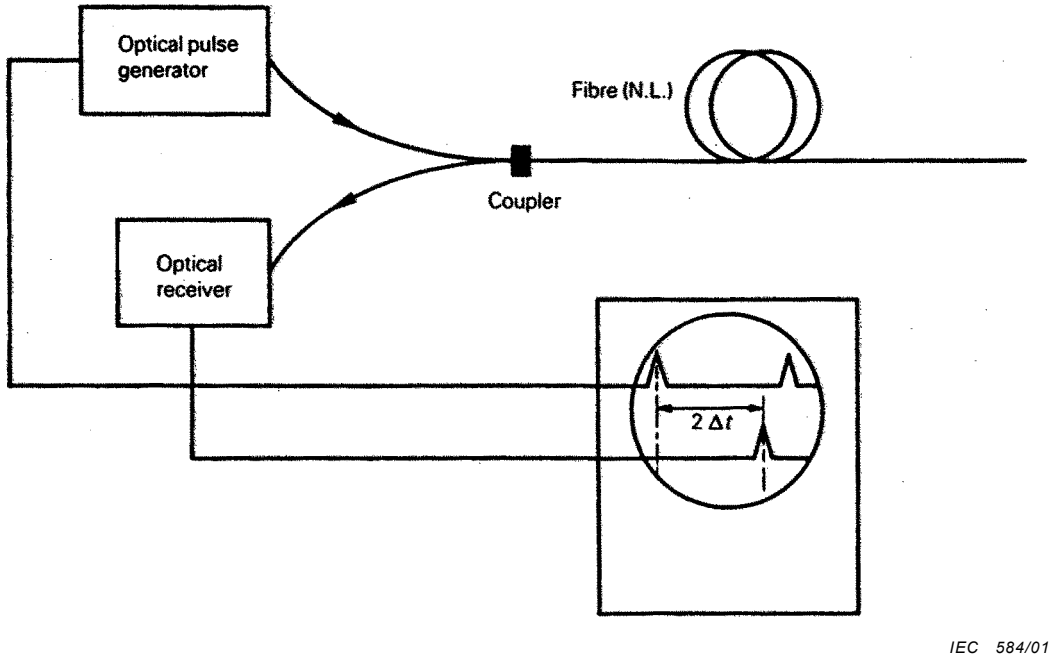

Figure A.2 – Time measurement of the reflected pulse

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A.3.2 Source optique

A.3.2.1 Mesure avec l'oscilloscope à échantillonnage

Un générateur d'impulsions optiques doit être de préférence une diode laser à grande puissance, excitée par un générateur à trains d'impulsions électriques, réglable en fréquence et en largeur. Enregistrer la longueur d'onde et la largeur spectrale.

A.3.2.2 Mesure avec un compteur ou un appareil de rétrodiffusion

Un générateur d'impulsions optiques doit être de préférence une diode laser de grande puissance, excitée par un générateur à trains d'impulsions électriques réglable en largeur. Le temps entre deux impulsions doit être plus long que le temps de transmission de l'impulsion transmise (Δt, avec le compteur) ou rétrodiffusée ($2\Delta t$, avec l'équipement de rétrodiffusion). Enregistrer la longueur d'onde et la largeur spectrale de la diode laser.

A.3.3 Détecteur optique

Le récepteur doit être, de préférence, une photodiode à avalanche à grande vitesse. La sensibilité du détecteur optique doit être suffisante à la longueur d'onde de mesure et sa bande passante doit être suffisamment grande pour que la forme de l'impulsion ne soit pas influencée.

A.4 Procédure

A.4.1 Etalonnage

Mesurer le retard de la source optique au point d'injection (c'est le retard du montage de mesure proprement dit).

A.4.2 Valeur de l'index de groupe moyen

Sur une fibre de longueur connue, mesurée par un moyen mécanique, la mesure de Δt donne la valeur moyenne, N, de l'indice de groupe de cette fibre.

A.4.3 Mesure de la longueur

La mesure de la longueur consiste en la lecture d'un intervalle de temps sur l'écran d'un oscilloscope (ou la lecture du temps moyen de parcours sur l'affichage d'un compteur électronique à corriger par la valeur obtenue à l'étalonnage).

NOTE Voir la figure A.3 pour l'illustration d'une amélioration pratique importante permettant d'atteindre la précision de la mesure indépendamment de la longueur réelle de l'échantillon de fibre. Elle utilise une approche à deux voies.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A.3.2 Optical source

A.3.2.1 Measurement with the sampling oscilloscope

An optical pulse generator shall preferably be a high-power laser diode, excited by an electrical pulse train generator, tunable in frequency and width. Record the wavelength and the spectral width.

A.3.2.2 Measurement with a counter or a backscattering apparatus

An optical pulse generator shall preferably be a high-power laser diode, excited by an electrical pulse train generator, tunable in width. The time between two pulses shall be longer than the travelling time of the transmitted pulse (Δt, with counter) or the reflected pulse ($2\Delta t$, with backscattering equipment). Record the wavelength and the spectral width of the laser diode.

A.3.3 Optical detector

The receiver shall preferably be a high-speed avalanche photodiode. The sensitivity of the optical detector shall be sufficient at the measuring wavelength, and its bandwidth shall be large enough so as not to influence the shape of the pulse.

A.4 Procedure

A.4.1 Calibration

Measure the delay time of the optical source to the launching point (this is the delay time of the measurement apparatus itself).

A.4.2 Average group index value

On a known length of mechanically measured fibre, the measurement of Δt, gives the average value, N, of the group index of the fibre.

A.4.3 Length measurement

The length measurement is a time-domain reading on the screen of an oscilloscope (or the reading of the averaged travelling time on the display of an electronic counter to be corrected for the calibration value).

NOTE See figure A.3 for an illustration of an important practical improvement for achieving the accuracy of the measurement, independent of the actual length of the fibre specimen. This uses a dual-channel approach.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

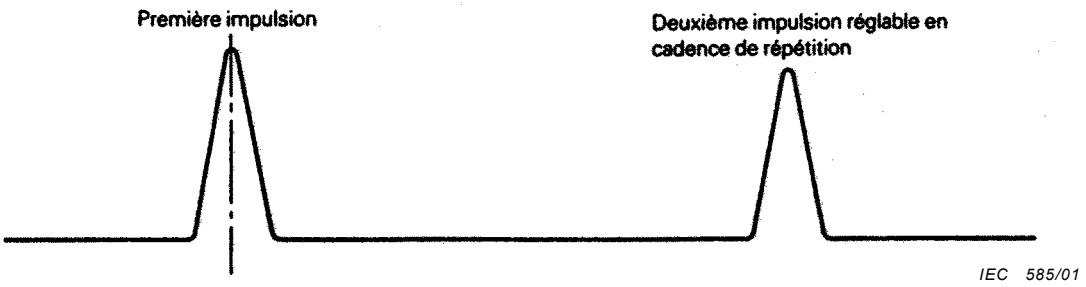

Figure A.3a – Voie 1: impulsion émise

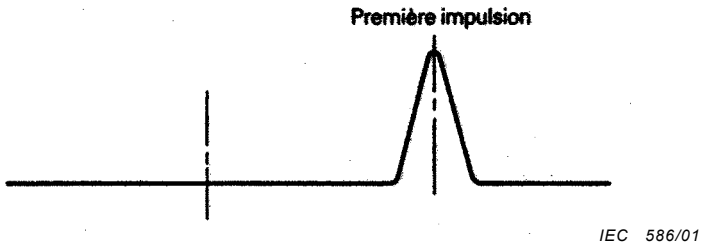

Figure A.3b – Voie 2: impulsion transmise

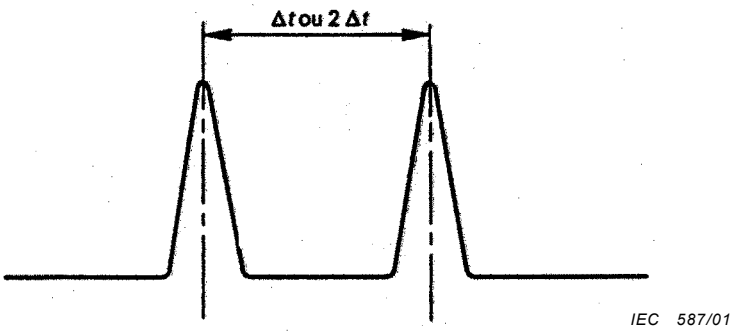

Figure A.3c – Impulsion émise après que la cadence de répétition a été réglée pour que la deuxième impulsion de la voie 1 soit en coïncidence temporelle avec l'impulsion transmise de la voie 2

Figure A.3 – Principe de la mesure de la longueur de la fibre

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

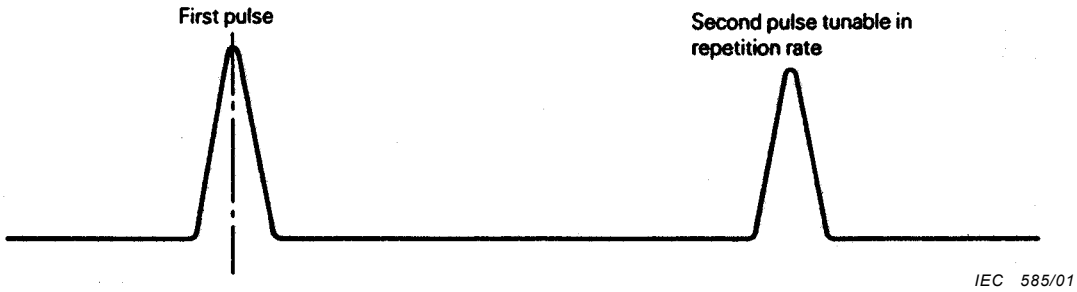

Figure A.3a – Channel 1: emitted pulse

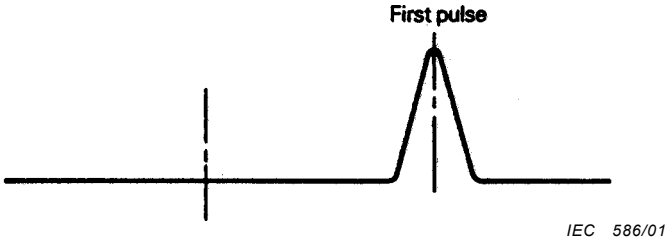

Figure A.3b – Channel 2: transmitted pulse

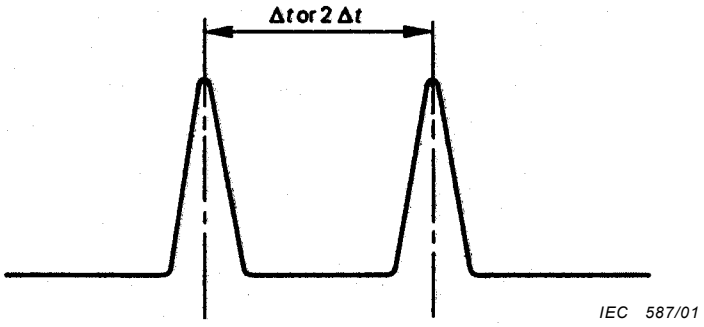

Figure A.3c – Emitted pulse after adjustment of the repetition rate in such a way that the second pulse of channel 1 coincides with the transmitted pulse of channel 2

Figure A.3 – Principle of fibre-length measurement

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A.5 Calculs

Obtenir la longueur de la fibre à partir des équations suivantes:

A.5.1 Utilisation de la méthode par transmission

$$L = \frac{\Delta t \times c}{N} \tag{A.2}$$

A.5.2 Utilisation de la méthode par réflexion

$$L = \frac{\Delta t \times c}{2N} \tag{A.3}$$

où

L est la longueur de la fibre, en m;

Δt est le temps de transmission ou de réflexion, en ns;

c est la vitesse de la lumière dans le vide, en m/ns;

N est l'indice de groupe moyen.

A.6 Résultats

En complément aux résultats mentionnés à l'article 8, l'information suivante doit être disponible sur demande:

– l'indice de groupe moyen;

– le temps de retard de l'appareil de mesure (facultatif);

– le temps de transmission ou de réflexion (facultatif).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A.5 Calculations

Obtain the fibre length from one of the following equations:

A.5.1 Transmitted-pulse technique

$$L = \frac{\Delta t \times c}{N} \tag{A.2}$$

A.5.2 Reflected-pulse technique

$$L = \frac{\Delta t \times c}{2N} \tag{A.3}$$

where

L is the fibre length, in m;

Δt is the transmission or reflection time, in ns;

c is the light velocity in vacuum, in m/ns;

N is the average group index.

A.6 Results

In addition to the results in clause 8, the following information shall be available upon request:

– average group index;

– delay time of the measurement apparatus (optional);

– transmission or reflection time (optional).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe B
(normative)

Prescriptions spécifiques à la méthode B – Rétrodiffusion

B.1 Généralités

Cette méthode utilise un réflectomètre optique fonctionnant dans le domaine temporel (RODT) pour mesurer la longueur de la fibre optique seule, et incorporée dans le câble.

B.2 Appareillage

Cette méthode utilise un réflectomètre optique fonctionnant dans le domaine temporel (RODT), qui doit normalement comprendre la liste minimale suivante de composants. Voir la figure B.1 pour un schéma fonctionnel.

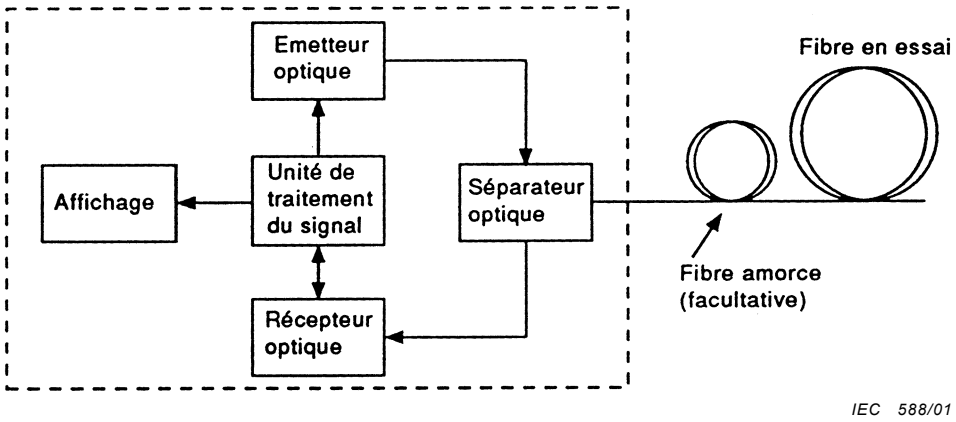

Figure B.1 – Schéma fonctionnel d'un RODT

B.2.1 Emetteur optique

Il comporte habituellement une ou plusieurs sources composées d'une diode laser pulsée capables de générer une ou plusieurs largeurs d'impulsions et une ou plusieurs fréquences de répétition d'impulsions. Sauf indication contraire dans la spécification particulière, le spectre pour chaque longueur d'onde doit satisfaire ce qui suit.

B.2.1.1 La longueur d'onde centrale doit se trouver à 15 nm de la valeur spécifiée ; indiquer la différence entre la longueur d'onde centrale et la valeur spécifiée, si elle excède 10 nm.

B.2.1.2 La largeur quadratique moyenne (LQM) ne doit pas excéder 10 nm, ou la largeur d'impulsion à mi-hauteur (LMH) ne doit pas excéder 25 nm.

B.2.1.3 Si les données sont à utiliser dans un modèle d'affaiblissement spectral:

– la largeur spectrale ne doit pas excéder 15 nm (LMH) ou 6 nm (LQM) pour les longueurs d'onde dans la région des pics d'eau (par exemple 1 360 nm à 1 430 nm);
– relever la longueur d'onde centrale réelle à 2 nm près de la valeur réelle.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex B
(normative)

Requirements specific to method B – Backscattering

B.1 General

This method uses an OTDR to measure the length of optical fibre by itself and installed in cable.

B.2 Apparatus

This method uses an optical time-domain reflectometer (OTDR), which shall normally consist of the following minimum list of components. See figure B.1 for a block diagram.

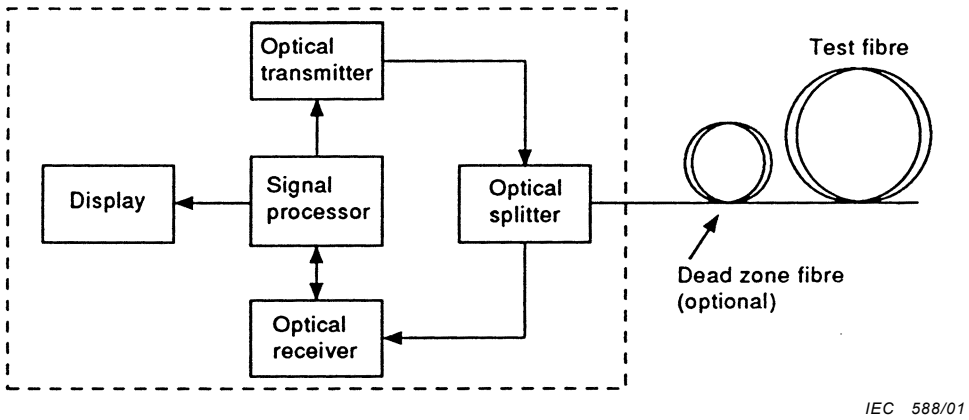

Figure B.1 – Block diagram of an OTDR

B.2.1 Optical transmitter

This usually includes one or more pulsed laser diode sources capable of one or more pulse durations and pulse repetition rates. Unless otherwise specified in the detail specification, the spectrum for each wavelength shall satisfy the following.

B.2.1.1 The central wavelength shall lie within 15 nm of the specified value; report the difference between the central wavelength and the specified value if it is greater than 10 nm.

B.2.1.2 The root-mean-squared width (RMSW) shall not exceed 10 nm, or the full-width at half maximum (FWHM) shall not exceed 25 nm.

B.2.1.3 If the data are to be used in a spectral attenuation model:

– the spectral width shall not exceed 15 nm (FWHM) or 6 nm (RMS) for wavelengths in the water peak region (e.g. 1 360 nm to 1 430 nm);
– report the actual central wavelength to within 2 nm of the actual value.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

B.2.2 Conditions d'injection

Fournir un moyen pour connecter la fibre à l'essai (ou la fibre amorce facultative de B.2.9) au panneau de l'instrument ou à une fibre amorce à partir de la source.

Pour la fibre de type A, les sources optiques peuvent ne pas produire des conditions d'injection qui sont bien contrôlées ou appropriées à cette méthode de mesure. Donc, sauf indication contraire dans la spécification particulière, les conditions d'injection pour les mesures d'affaiblissement doivent être celles utilisées dans les mesures d'affaiblissement par fibre coupée (CEI 60793-1-40 méthode A).

B.2.3 Séparateur optique

Un coupleur/séparateur installé dans l'instrument permet de diriger la puissance émise par l'émetteur vers la fibre. Ce dispositif dirige également la lumière retournant dans la fibre en sens inverse vers le récepteur.

B.2.4 Récepteur optique

Le récepteur optique comporte habituellement un détecteur à photodiode dont la largeur de bande, la sensibilité, la linéarité et la gamme dynamique sont compatibles avec les largeurs d'impulsions utilisées et les niveaux des signaux reçus.

B.2.5 Durée d'impulsion et fréquence de répétition

Il est possible de munir le RODT de commandes permettant de choisir plusieurs durées d'impulsions et fréquences de répétition (parfois couplées avec la commande de distance) afin de trouver un compromis optimal entre résolution et portée. En présence d'une réflexion d'amplitude importante, le réglage de la fréquence de répétition ou de la portée à une valeur supérieure au double de la distance au point de réflexion peut s'avérer nécessaire pour éviter la génération d'images «fantômes» parasites. Il est également possible d'employer des techniques de codage d'impulsions.

NOTE Il convient de prendre des précautions lors de la sélection de la durée d'impulsion, de la fréquence de répétition des impulsions et de la puissance de la source. Pour ce qui concerne la mesure de longueurs peu importantes, des largeurs d'impulsions réduites sont nécessaires pour garantir la résolution nécessaire. Cela affectera, à son tour, la gamme dynamique de mesure et, par conséquent, la longueur maximale mesurable. Pour la mesure de grandes longueurs, la gamme dynamique de mesure peut alors être accrue en augmentant la puissance optique de crête à un niveau au-dessous duquel les éléments non linéaires sont négligeables. En variante, la largeur d'impulsion peut être augmentée, ce qui réduira la résolution des mesures.

B.2.6 Dispositif de traitement du signal

Si cela est prescrit, une commande peut permettre l'obtention d'un signal moyenné pendant un temps de mesure plus long pour améliorer le rapport signal sur bruit.

B.2.7 Affichage

Il est incorporé dans le RODT et fait partie de l'équipement contrôlant le RODT. Le signal RODT est affiché sous forme graphique avec l'échelle verticale graduée en décibels et l'échelle horizontale graduée en distance. L'échelle verticale en décibels doit correspondre à la moitié de l'aller et retour des pertes en rétrodiffusion. L'échelle horizontale doit correspondre à la moitié du temps de propagation de groupe (aller et retour) associé, converti en distance. Des outils, tels que des curseurs, peuvent être employés pour mesurer, manuellement et automatiquement, tout ou partie de la trace RODT sur l'affichage.

B.2.8 Interface de données (facultatif)

L'instrument peut être capable de travailler en interface avec un ordinateur pour une analyse automatique du signal ou pour fournir une copie sur papier de la trace sur l'affichage.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

B.2.2 Launch conditions

Provide a means for connecting the test fibre (or the optional dead-zone fibre of B.2.9) to the instrument panel, or to a fibre pigtail from the source.

For type A fibre, optical sources may not produce launch conditions that are well controlled or appropriate to this measurement method. Therefore, unless otherwise specified in the detail specification, launch conditions for attenuation measurements shall be those used in cut-back attenuation measurements (IEC 60793-1-40 method A).

B.2.3 Optical splitter

A coupler/splitter within the instrument directs the power from the transmitter into the fibre. It also directs light returning in the fibre from the opposite direction to the receiver.

B.2.4 Optical receiver

This usually includes a photodiode detector having a bandwidth, sensitivity, linearity and dynamic range compatible with the pulse durations used and signal levels received.

B.2.5 Pulse duration and repetition rate

The OTDR may be provided a choice of several pulse durations and repetition rates (sometimes coupled to the distance control) to optimize the trade-off between resolution and range. With a high amplitude reflection, it may be necessary to set the rate or range to a value exceeding twice the distance of the reflection in order to prevent spurious ‘ghost’ images. Pulse coding techniques may also be used.

NOTE Care should be taken when selecting the pulse duration, repetition rate and source power. For shorter distance measurements, short pulse durations are necessary in order to provide adequate resolution. This in turn will limit dynamic range and maximum measurable length. For long length measurements, the dynamic range can be increased by increasing the peak optical power up to a level below which non-linear effects are insignificant. Alternatively, pulse width can be increased, which will reduce the resolution of the measurements.

B.2.6 Signal processor

If required, the signal-to-noise level may be increased by the use of signal averaging over a longer measurement time.

B.2.7 Display

This is incorporated into the OTDR and is part of the equipment controlling the OTDR. The OTDR signal is displayed in a graphical form with the vertical scale as decibels and the horizontal scale as distance. The vertical decibel scale shall correspond to half the round-trip of the backscatter loss. The horizontal scale shall correspond to half the associated (round-trip) optical group delay, converted to distance. Tools such as cursors may be used to manually or automatically measure all or part of the OTDR trace on the display.

B.2.8 Data interface (optional)

The instrument may be capable of interfacing with a computer for automatic analysis of the signal or for providing a hard copy of the display trace.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

B.2.9 Contrôleur de réflexion (facultatif)

Des moyens, permettant de minimiser la saturation transitoire du récepteur due à de fortes réflexions de Fresnel, peuvent être requis pour réduire la longueur de la «zone morte» de la fibre suivant chaque réflecteur. Cela peut être réalisé en les incorporant dans le dispositif de coupleur/dérivateur ou par masquage électronique. Pour supprimer la première réflexion au niveau du connecteur du RODT, il est possible d'utiliser une fibre amorce (présentant une longueur en mètres numériquement supérieure à un dixième de la durée de l'impulsion en nanosecondes) entre le connecteur du RODT et l'échantillon à l'essai.

B.2.10 Epissures et connecteurs

Sauf spécification contraire dans la présente procédure, les épissures et les connecteurs éventuellement requis par le RODT (par exemple, pour relier le RODT ou la fibre amorce à la fibre à l'essai) doivent présenter une faible perte d'insertion et un faible facteur de réflexion (affaiblissement de réflexion élevé). Ces conditions sont requises pour minimiser les influences externes sur la courbe de rétrodiffusion RODT.

B.3 Echantillonnage et échantillons à l'essai

L'échantillon à l'essai est présenté sous la forme d'une fibre enroulée autour d'une bobine ou contenue dans un câble, en respectant les conditions indiquées dans la spécification particulière. La mesure peut être effectuée en usine ou sur site, sur des sections séparées ou reliées entre elles.

NOTE Il convient que des précautions soient prises pour que la tension d'enroulement de la fibre n'introduise pas d'allongement important pendant les mesures de longueurs.

B.4 Procédure

B.4.1 Trois méthodes

Il existe trois méthodes:

- méthode à deux points (B.4.3.1), à utiliser lorsqu'une section du câble ou de fibre de longueur inconnue précède la fibre ou le câble à l'essai;
- méthode 0 à un point (B.4.3.2), à utiliser lorsque aucune section ne précède la fibre ou le câble à l'essai;
- méthode 1 à un point (B.4.3.3), à utiliser lorsqu'une section de fibre de longueur connue et d'indice de groupe similaire à celui de la fibre à mesurer précède cette dernière.

NOTE Pour la mesure du câble, il est important de noter que, à cause de la composition de la plupart des câbles, il y a une longueur excédentaire de fibre dans le câble. A cause de cette longueur de la fibre dans le câble, l'indice de groupe du câble dépasse l'indice de groupe de la fibre pour le même type de fibre. Cela entraînera une différence entre la longueur de la fibre dans le câble et la longueur du câble lui-même.

B.4.2 Procédures communes aux trois méthodes

B.4.2.1 Connecter l'échantillon à l'essai à l'instrument ou à une extrémité de la fibre amorce (si celle-ci est utilisée). Connecter l'autre extrémité de la fibre amorce (si celle-ci est utilisée) à l'instrument.

B.4.2.2 Etant donné que des distances précises doivent être enregistrées, l'indice effectif de propagation de groupe de la fibre à mesurer est exigé. Si cette valeur n'est pas connue, appliquer la méthode d'essai B.4.4 pour la déterminer.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

B.2.9 Reflection controller (optional)

Means of minimizing transient saturation of the receiver due to high Fresnel reflections may be required to reduce the length of fibre "dead zone" following each reflector. This can be incorporated into the coupler/splitter, or may be done by electronic masking. To overcome the initial reflection at the OTDR connector, a dead-zone fibre (with a length in metres numerically exceeding one-tenth the displayed pulse duration in nanoseconds) may be used between the OTDR connector and the specimen.

B.2.10 Splices and connectors

Unless otherwise indicated in this procedure, any splices or connectors required by the OTDR (e.g. to join the OTDR or the dead-zone fibre to the test fibre) shall have low insertion loss and reflectance (high return loss). This is to minimize extraneous effects upon the OTDR trace of interest.

B.3 Sampling and specimens

The sample comprises a fibre on a reel or within a cable, under conditions specified in the detail specification. The measurement may be performed in the factory or in the field, upon either single or concatenated sections.

NOTE Care should be taken to ensure that winding does not introduce substantial elongation for length measurements.

B.4 Procedure

B.4.1 Three techniques

There are three techniques:

- two-point technique (B.4.3.1), to use when a fibre or cable section of unknown length precedes the test fibre or cable;
- single-point technique 0 (B.4.3.2), to use with no preceding section of fibre or cable;
- single-point technique 1 (B.4.3.3), to use with a preceding section of fibre of known length and similar group index as the fibre to be measured.

NOTE For cable measurement, it is important to note that, due to the structure of most cables, there is an excess length of fibre in the cable. Because of this, the cable group index exceeds the fibre group index for the same fibre type. This will lead to discrepancy between the fibre length in the cable and the cable length itself.

B.4.2 Procedure common to all three techniques

B.4.2.1 Connect the specimen either to the instrument or to one end of the dead-zone fibre (if used). Connect the other end of the dead-zone fibre (if used) to the instrument.

B.4.2.2 Because accurate distances are to be recorded, the effective group delay index of the specimen is required. If this value is not known, use the method described in B.4.4 to determine it.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

B.4.2.3 Introduire les paramètres du RODT, tels que la longueur d'onde de la source, la durée d'impulsion, la plage de longueurs, ainsi que le moyennage du signal dans l'instrument et l'indice de propagation de groupe de l'échantillon en essai. Les valeurs de certains de ces paramètres peuvent être présélectionnées dans l'instrument.

B.4.2.4 Ajuster l'instrument de manière à faire apparaître un signal de rétrodiffusion en provenance de l'échantillon en essai. Il peut être avantageux de commencer par un réglage grossier de l'échelle verticale et horizontale pour maximaliser la longueur affichée.

B.4.2.5 Si une résolution accrue est nécessaire, régler, si possible, l'afficheur graphique pour dilater la section intéressante sur une échelle plus grande (en prenant des précautions pour s'assurer que la lecture du signal vrai soit bien distincte du bruit).

B.4.3 Procédures spécifiques à chaque méthode

B.4.3.1 Méthode à deux points

B.4.3.1.1 Placer un curseur au début de la trace correspondant à l'échantillon à l'essai avant toute chute de puissance (opération qui peut s'avérer difficile à effectuer) (figure B.2), ou en un point (qui peut être spécifié par le fabricant) sur le front montant de l'impulsion de réflexion (figure B.3). Si le début de la trace n'apparaît pas en raison d'une discontinuité minimale, appliquer une courbure serrée en cet endroit et faire varier le rayon pour aider au placement du curseur. Déterminer les coordonnées de la distance z_1 par l'intermédiaire de l'affichage alphanumérique.

B.4.3.1.2 Placer le même curseur ou un autre curseur à la fin de la trace correspondant à l'échantillon à l'essai en un point similaire à celui indiqué en B.4.3.1.1. Si la fin de la trace n'apparaît pas en raison d'une discontinuité minimale, appliquer une courbure serrée en cet endroit et faire varier le rayon pour aider au placement du curseur. En variante, fracturer l'extrémité distante de la fibre, si possible, pour générer une réflexion. Si l'extrémité est en dessous du seuil de bruit, la mesure de longueur peut avoir une erreur maximale égale à la longueur d'impulsion. Déterminer les coordonnées de la distance, z_2.

B.4.3.1.3 Pour une précision maximale de la longueur, il convient que la nature des points de chute ou de front montant à z_1 et z_2 soit similaire. Déterminer la longueur de l'échantillon, $(z_2 - z_1)$.

B.4.3.2 Méthode 0 à un point

Utiliser cette méthode lorsque aucune section de fibre ou de câble (ou une fibre amorce) ne précède l'échantillon à l'essai. Voir la figure B.4.

B.4.3.2.1 Placer un curseur à la fin de la trace correspondant à l'échantillon à l'essai avant toute chute de puissance (opération qui peut s'avérer difficile à effectuer), ou en un point (qui peut être spécifié par le fabricant) sur le front montant de l'impulsion de réflexion. Si la fin de la trace n'apparaît pas en raison d'une discontinuité minimale, appliquer une courbure serrée en cet endroit et faire varier le rayon pour aider au placement du curseur. Si l'extrémité est en dessous du seuil de bruit, la mesure de la longueur peut avoir une erreur maximale égale à la longueur d'impulsion.

En variante, fracturer l'extrémité distante de la fibre, si possible, pour générer une réflexion. Déterminer les coordonnées de la distance, z_2.

B.4.3.2.2 La longueur de l'échantillon est égale à z_2.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

B.4.2.3 Enter OTDR parameters such as source wavelength, pulse duration, length range and signal averaging into the instrument, along with the specimen group index. The values of some of these parameters may be preset in the instrument.

B.4.2.4 Adjust the instrument to display a backscatter signal from the specimen. It may be advantageous to begin with coarse vertical and horizontal scaling in order to maximize the length displayed.

B.4.2.5 If increased resolution is needed, adjust the graphical display, if possible, to expand the section of interest to a larger scale (exercising care to ensure that proper readings of the true signal can still be distinguished from the noise points).

B.4.3 Procedures specific to each technique

B.4.3.1 Two-point technique

B.4.3.1.1 Place a cursor at the beginning of the trace of the specimen prior to any power drop-off (which may be difficult to do) (figure B.2), or at a point (which may be specified by the manufacturer) on the rising edge of the reflection pulse (figure B.3). If the beginning is not apparent because of minimal discontinuity, apply a tight bend at this location and vary the radius to assist in cursor placement. Obtain the distance coordinate, z_1, via the alphanumeric display.

B.4.3.1.2 Place the same or another cursor at the end of the trace of the specimen at a point similar to that in B.4.3.1.1. If the end is not apparent due to minimal discontinuity, apply a tight bend at this location and vary the radius to assist in cursor placement. Alternatively, cleave the fibre far-end, if possible, to produce a reflection there. If the end is below the noise floor, the length measurement may have a maximum error equal to the pulse length. Obtain the distance co-ordinate, z_2.

B.4.3.1.3 For maximum length accuracy, the nature of the drop-off or rise-time points at z_1 and z_2 should be similar. Obtain the specimen length, $(z_2 - z_1)$.

B.4.3.2 Single-point technique 0

Use this method when no fibre or cable section (or dead-zone fibre) precedes the specimen. See figure B.4.

B.4.3.2.1 Place a cursor at the end of the trace of the specimen prior to any power drop-off (which may be difficult to do), or at a point (which may be specified by the manufacturer) on the rising edge of the reflection pulse. If the end is not apparent because of minimal discontinuity, apply a tight bend at this location and vary the radius to assist in cursor placement. If the end is below the noise floor, the length measurement may have a maximum error equal to the pulse length.

Alternatively, cleave the fibre far-end, if possible, in order to produce a reflection there. Obtain the distance coordinate, z_2.

B.4.3.2.2 The specimen length equals z_2.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

B.4.3.3 Méthode 1 à un point

Utiliser cette méthode lorsque la section de la fibre ou du câble (ou une fibre amorce) de longueur connue, z_D, précède l'échantillon à l'essai. Voir la figure B.5. La longueur peut être obtenue par une mesure mécanique, par exemple, en utilisant des dispositifs type contacts avec compteurs.

NOTE Les fibres utilisées dans la section précédente (ou fibre amorce) peuvent avoir un indice de groupe identique à celui de l'échantillon à l'essai.

B.4.3.3.1 Effectuer les étapes de B.4.3.2.1.

B.4.3.3.2 La longueur de l'échantillon est égale à ($z_2 - z_D$).

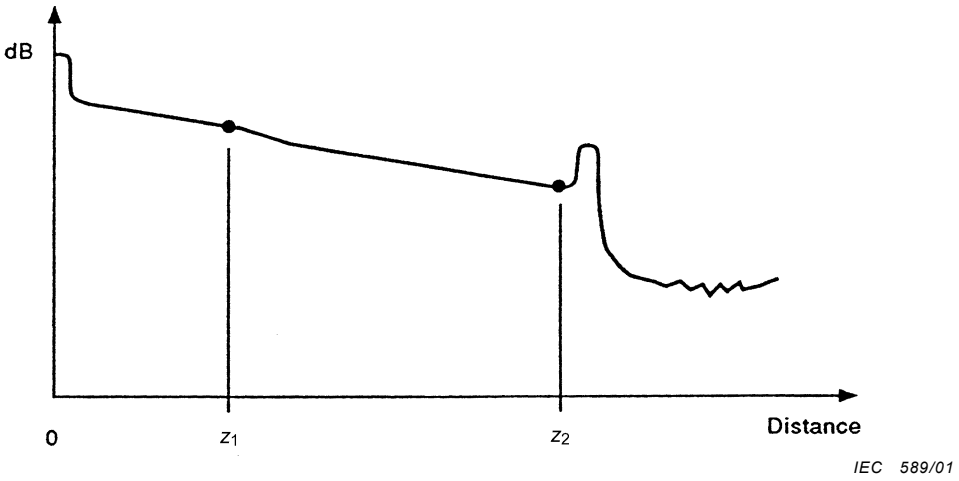

Figure B.2– Représentation schématique du tracé RODT relatif à un échantillon (z_1 à z_0) avec une partie (soit une fibre amorce) de longueur inconnue, z_1, le précédant et sans une impulsion de réflexion depuis le point de jonction de la fibre (méthode à deux points (B.4.3.1))

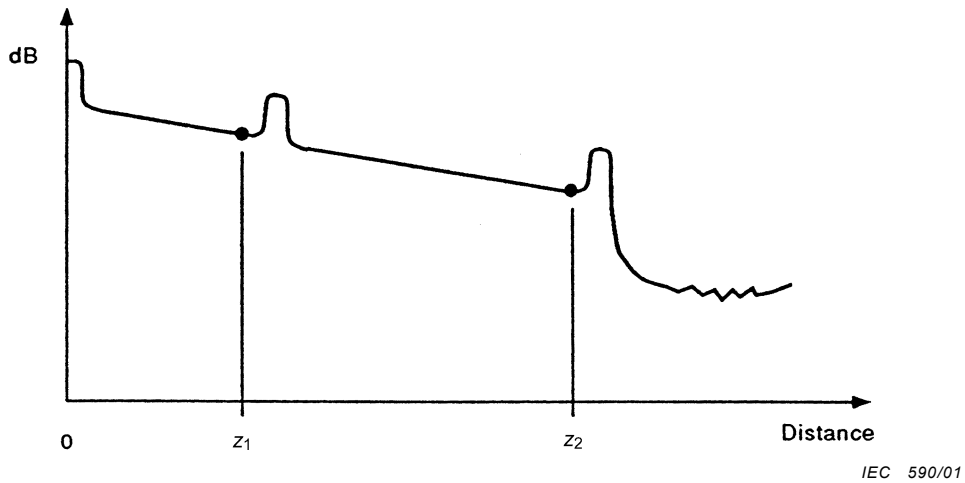

Figure B.3 – Représentation schématique du tracé relatif à un échantillon (z_1 à z_2) avec une partie (soit, une fibre amorce) de longueur inconnue, z_1, le précédant et avec une impulsion de réflexion depuis le point de jonction de la fibre (méthode à deux points (B.4.3.1))

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

B.4.3.3 Single-point technique 1

Use this method when a fibre or cable section (or a dead-zone fibre) of known length, z_D, precedes the specimen. See figure B.5. The length may be obtained by mechanical measurement, for example by using contact-type devices with counters.

NOTE The fibre used in the preceding section (or dead-zone fibre) should have a similar group index as the specimen.

B.4.3.3.1 Perform the steps of B.4.3.2.1.

B.4.3.3.2 The specimen length equals ($z_2 - z_D$).

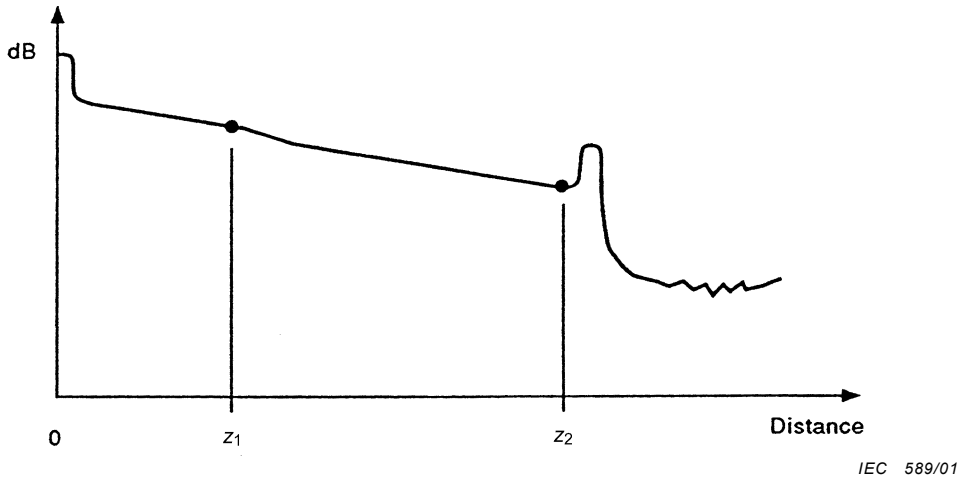

Figure B.2 – Schematic OTDR trace of a specimen (z_1 to z_0) with a section (e.g. dead-zone fibre) of unknown length, z_1, preceding it and without a reflection pulse from the fibre joint point (two-point technique (B.4.3.1))

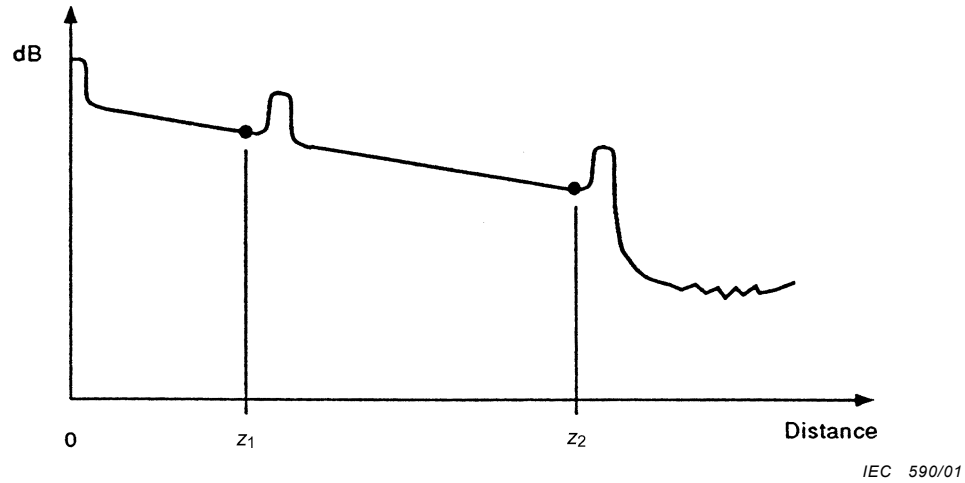

Figure B.3 – Schematic OTDR trace of specimen (z_1 to z_2) with a section (e.g. dead-zone fibre) of unknown length, z_1, preceding it and with a reflection pulse from the fibre joint point (two-point technique (B.4.3.1))

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

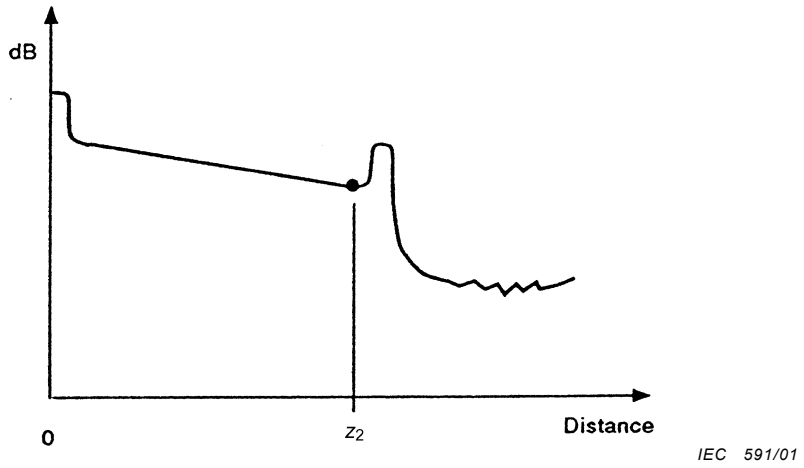

Figure B.4 – Représentation schématique d'un tracé relatif à un échantillon (0 à z_2) n'ayant aucune partie le précédant (méthode à un point (B.4.3.2))

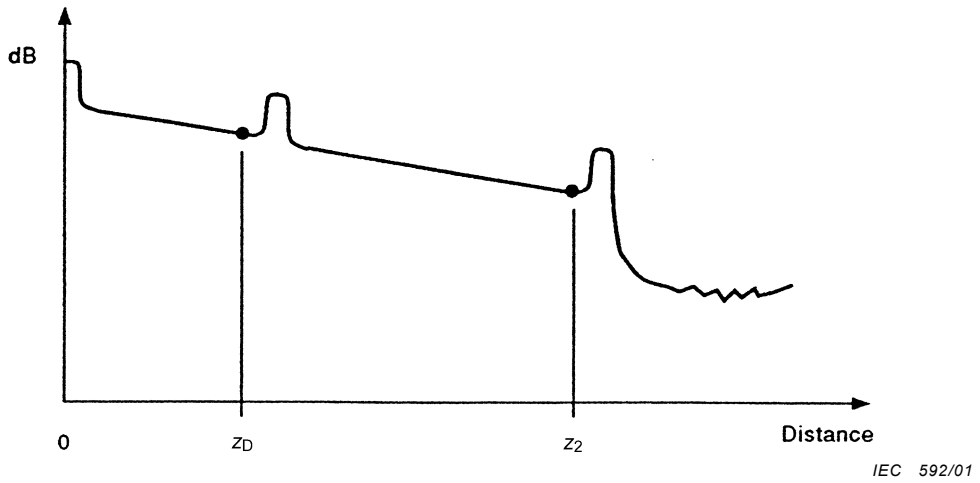

Figure B.5 – Représentation schématique d'un tracé relatif à un échantillon (z_D à z_2) avec une partie (soit une fibre amorce) de longueur connue, z_D, le précédant (méthode à un point (B.4.3.3))

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

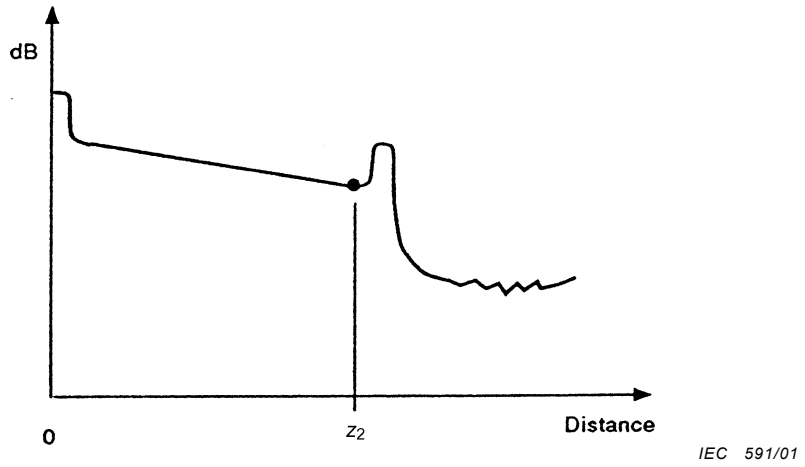

Figure B.4 – Schematic trace of a specimen (0 to z_2) with no section preceding it (single-point technique (B.4.3.2))

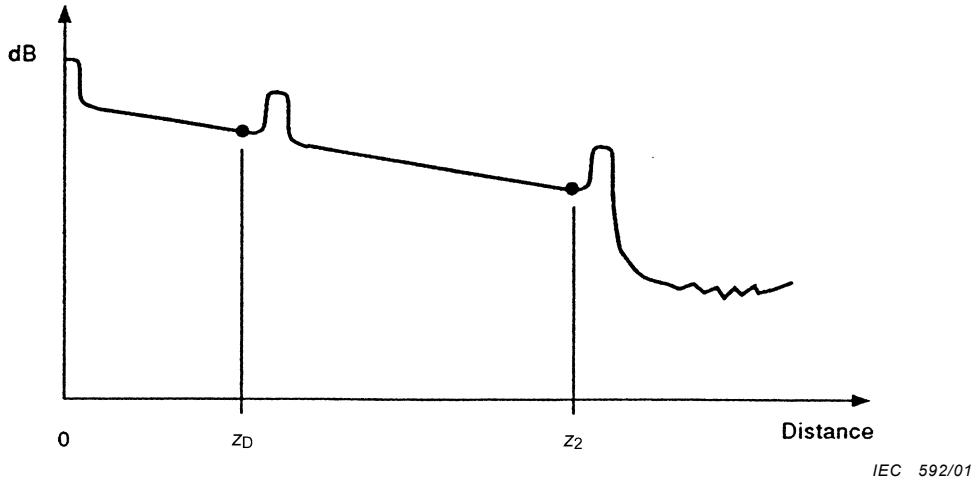

Figure B.5 – Schematic OTDR trace of a specimen (z_D to z_2) with a section (e.g. dead-zone fibre) of known length, z_D, preceding it (single-point technique (B.4.3.3))

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

B.4.4 Détermination de l'indice de groupe

B.4.4.1 Déterminer avec précision la longueur physique de la fibre ou du câble d'étalonnage. Cela peut être fait par une mesure mécanique, par exemple, en utilisant des procédés de type contact avec des compteurs.

B.4.4.2 Accomplir les étapes indiquées en B.4.2.1 pour la fibre ou le câble d'étalonnage.

B.4.4.3 Accomplir les étapes indiquées en B.4.2.3, mais avec un indice de groupe arbitraire.

B.4.4.4 Placer un curseur au début de la courbe comme indiqué en B.4.3.1.1. Déterminer les coordonnées de la distance, z_1, via l'afficheur alphanumérique.

B.4.4.5 Placer un autre curseur à l'extrémité de la trace comme indiqué en B.4.3.1.2. Déterminer les coordonnées de la distance, z_2.

B.4.4.6 Régler l'échelle de l'indice de groupe jusqu'à la différence, ($z_2 - z_1$), qui peut être calculée automatiquement par instrument, égale à la longueur déterminée en B.4.4.1.

B.5 Résultats

En complément aux résultats de l'article 8, l'information suivante doit être disponible sur demande:

– indice de groupe.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

B.4.4 Determination of group index

B.4.4.1 Accurately determine the physical length of the calibration fibre or cable. This may be done by mechanical measurement, for example by using contact-type devices with counters.

B.4.4.2 Perform the steps given in B.4.2.1 for the calibration fibre or cable.

B.4.4.3 Perform the steps given in B.4.2.3, but with an arbitrary group index.

B.4.4.4 Place one cursor at the beginning of the trace as indicated in B.4.3.1.1. Obtain the distance coordinate, z_1, via the alphanumeric display.

B.4.4.5 Place another cursor at the end of the trace as indicated in B.4.3.1.2. Obtain the distance coordinate, z_2.

B.4.4.6 Adjust the group index scale until the difference, (z_2 – z_1), which may be automatically calculated by the instrument, equals the length determined in B.4.4.1.

B.5 Results

In addition to the results in clause 8, the following information shall be available upon request:

– group index.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe C
(normative)

Prescriptions spécifiques à la méthode C – Allongement de la fibre

C.1 Principe

Trouver l'allongement de la fibre par la technique de déphasage (C.2.2.1), ou par la méthode du retard impulsionnel (C.2.2.2).

L'allongement de la fibre, $\varepsilon = \Delta L/L$, est donné par:

$$\varepsilon = V \times \frac{\Delta t}{L} \qquad \text{(C.1)}$$

où

Δt est le retard impulsionnel;

L est la longueur de fibre soumise à l'essai;

V est une constante qui dépend du coefficient photoélastique (k), de la vitesse de la lumière dans le vide (c), et de l'indice de groupe (N_{eff}).

$$V = \frac{kc}{N_{\text{eff}}} \qquad \text{(C.2)}$$

Le facteur V, corrige les résultats de mesure en tenant compte des variations d'indice induites par un allongement.

Lorsque l'on utilise la méthode de déphasage, (C.2.2.1), trouver le retard impulsionnel, Δt, à partir de:

$$\Delta t = \frac{\Delta \Theta}{360 \times f} \qquad \text{(C.3)}$$

où

$\Delta\Theta$ est le déphasage, en degrés;

f est la fréquence de modulation.

Etant donné que la facteur, V, dépend du type de fibre, le dispositif de mesure doit être étalonné.

C.2 Appareillage

C.2.1 Prescriptions générales

L'appareil d'essai, permettant de mettre en essai une longueur de fibre de référence, doit être capable d'appliquer et de faire varier les contraintes longitudinales sur le câble ou la fibre. Assurer une fixation correcte des extrémités de l'éprouvette afin d'éviter le glissement de la fibre pendant l'application de la charge. Prévoir un banc d'allongement approprié pour l'étalonnage du déphasage ou du retard impulsionnel en fonction de l'allongement de la fibre, mesuré mécaniquement.

C.2.2 Equipement optique

Il convient que l'équipement d'essai utilisé pour la méthode de déphasage ou pour la méthode du retard impulsionnel soit stable sur l'ensemble de la mesure et sur la plage de température rencontrée. Voir respectivement les figures C.1 et C.2, pour les montages de mesure communément utilisés.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex C
(normative)

Requirements specific to method C – Fibre elongation

C.1 Principle

Derive the fibre elongation by the phase shift technique (C.2.2.1), or by the differential pulse delay (C.2.2.2).

The fibre elongation strain, $\varepsilon = \Delta L/L$, is given by:

$$\varepsilon = V \times \frac{\Delta t}{L} \tag{C.1}$$

where

Δt is the differential pulse delay;

L is the specimen fibre length;

V is a constant that depends on the photoelastic coefficient (k), the speed of light in a vacuum (c), and the group index of refraction (N_{eff}).

$$V = \frac{kc}{N_{\text{eff}}} \tag{C.2}$$

The factor, V, corrects the results for changes in the fibre's refractive index with strain.

When using the phase-shift technique (C.2.2.1), derive the differential delay, Δt, from:

$$\Delta t = \frac{\Delta\Theta}{360 \times f} \tag{C.3}$$

where

$\Delta\Theta$ is the phase shift (degrees);

f is the modulation frequency.

Because the factor, V, depends on the fibre type, the measurement set-up shall be calibrated.

C.2 Apparatus

C.2.1 General requirements

The measurement fixture of known gauge length shall be capable of applying and varying longitudinal stresses on the cable or fibre. Observe the proper fixing of the ends of the specimen in order to prevent the fibres from slipping during loading. Provide a suitable elongation bench for the calibration of the phase-shift or pulse-delay versus the mechanically measured fibre elongation.

C.2.2 Optical measurement equipment

The equipment for either technique, phase shift technique or differential pulse delay, should be stable over the measurement time period and temperature range encountered. See figures C.1 and C.2, respectively, for diagrams of typical equipment set-ups.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

C.2.2.1 Méthode de déphasage

Utiliser une source lumineuse (soit une diode laser, soit une diode électroluminescente filtrée), un modulateur, un dispositif optique d'injection, un détecteur de signaux et un signal de référence pendant la mesure de la dispersion chromatique pour la méthode du déphasage. Ces dispositifs sont décrits dans la méthode A de la CEI 60793-1-42. La différence est qu'une seule diode laser est utilisée. Le déphasage observé est fonction des modifications d'allongement sur la fibre.

NOTE Lorsque cette méthode est utilisée, il convient de vérifier que les ambiguïtés provenant de sauts de déphasage de 360° du phasemètre sont prises en compte.

C.2.2.2 Méthode du retard impulsionnel (temps de vol)

Utiliser un équipement adéquat avec une technique appropriée de mesure du temps de vol, tel qu'un réflectomètre optique de faible durée d'impulsion fonctionnant dans le domaine temporel (RODT).

C.2.3 Résolution de l'instrument

Il convient que la résolution de mesure de l'allongement pour l'ensemble du système de mesure soit inférieure ou égale à 0,01 %. Cela comprend l'équipement d'essai optique (fréquence de modulation ou largeur d'impulsion, etc.) et l'appareil d'essai (longueur de la fibre de référence, fixation des extrémités de câble/fibre, mesure de la charge, etc.). Etant donné que tous ces facteurs participent à l'exactitude et à la résolution de l'ensemble du système de mesure, il convient d'évaluer séparément chaque banc d'essai.

Cette procédure d'essai est prévue pour être menée dans des conditions ambiantes normales, généralement rencontrées en laboratoires. Cette méthode est également réalisable dans d'autres conditions si la température est stable à ±2 °C pendant la durée de l'essai. Pour des variations de température et de pression extrêmes (plus de 40 atmosphères), il est admis que des corrections soient nécessaires notamment pour ce qui concerne le facteur *V*.

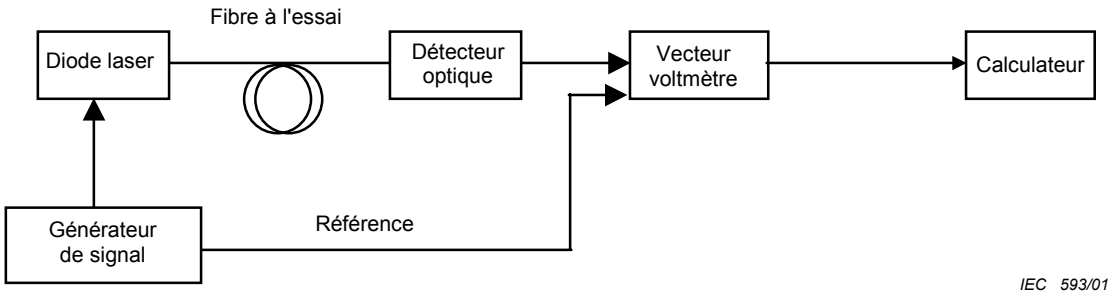

Figure C.1 – Montage d'essai pour la méthode de déphasage (C.2.2.1)

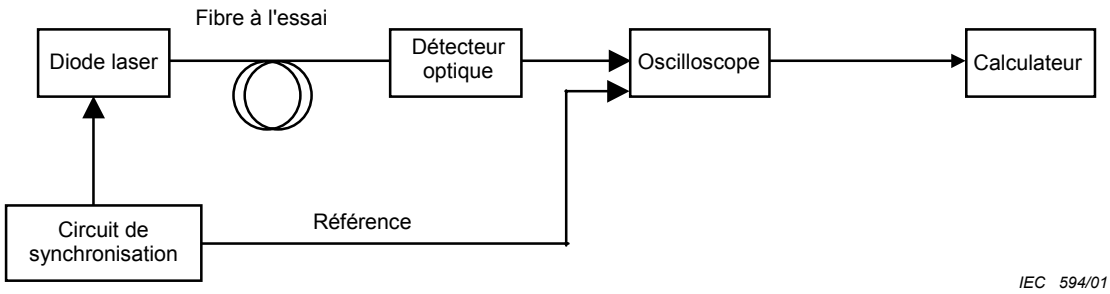

Figure C.2 – Montage d'essai pour la méthode du retard impulsionnel (C.2.2.2)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

C.2.2.1 Phase-shift technique

Use a light source (either a laser diode or filtered light-emitting diode), modulator, launch optics, signal detector and reference signal for measuring chromatic dispersion using the phase-shift technique. These pieces of equipment are outlined and specified in method A of IEC 60793-1-42. The difference is that only one laser diode is used. The phase shifts observed are a function of strain changes on the fibre.

NOTE Care should be exercised in observing that 360° phase-shift roll-over ambiguities of the phase meter are accounted for when using this method.

C.2.2.2 Pulse-delay (time of flight) technique

Use equipment required for an appropriate time-of-flight measurement technique, such as a short-pulse/Fresnel optical time domain reflectometer (OTDR).

C.2.3 Instrument resolution

The strain measurement resolution of the entire measurement system should be equal to or less than 0,01 %. This includes the optical measurement equipment (modulation frequency or pulse width, etc.) and the measurement fixture (specimen gauge length, cable/fibre end fixers, load measurement, etc.). Since all of these factors are involved in determining the entire measurement system's accuracy and resolution, each measurement bench should be evaluated separately.

This measurement procedure is intended to be conducted at ambient room conditions typically found in laboratories. This method is feasible under other conditions, provided the temperature is stable to ±2 °C for the duration of the test. For extreme temperature and pressure changes (more than 40 atmospheres), corrections may be necessary, particularly with regard to the *V* factor.

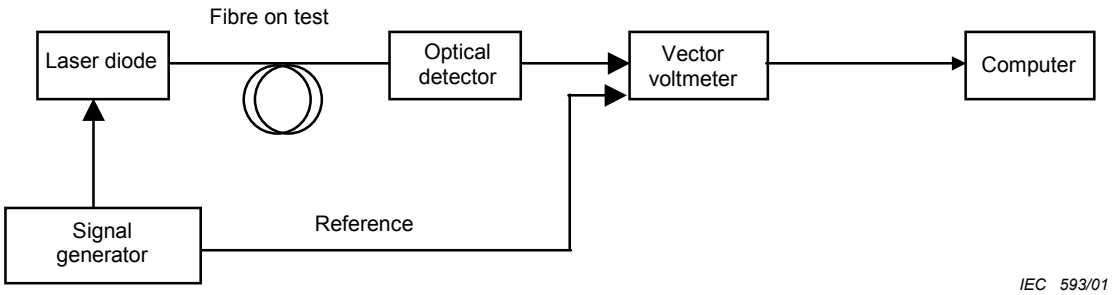

Figure C.1 – Equipment set-up for phase-shift technique (C.2.2.1)

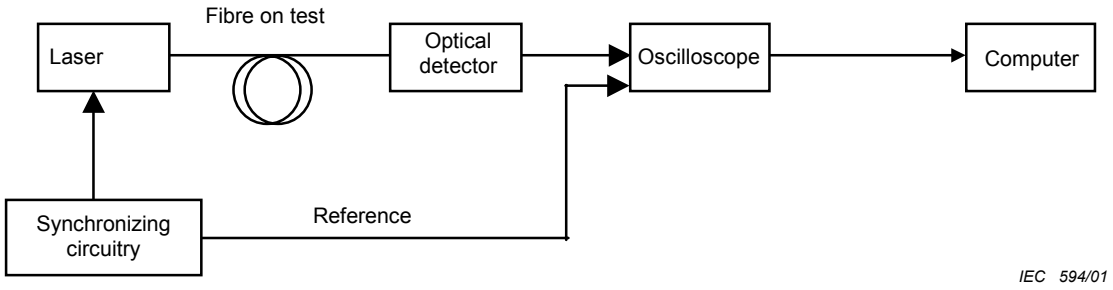

Figure C.2 – Equipment set-up for differential pulse-delay technique (C.2.2.2)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

C.3 Procédure

C.3.1 Etalonnage

Placer la fibre de référence sur le banc d'essai d'allongement et la relier à l'appareil de mesure optique.

Augmenter progressivement l'allongement de la fibre dans une plage d'allongement connue qui soit suffisamment linéaire pour déterminer le facteur *V*.

Mesurer et enregistrer, de préférence en continu, le déphasage ou le retard d'impulsion en fonction de l'allongement mécanique de la fibre.

La relation ainsi déterminée rend compte des changements d'indice de groupe induits.

NOTE 1 Il est recommandé d'effectuer les étalonnages à partir d'une sélection aléatoire d'échantillons de fibre du même type.

NOTE 2 Il n'est pas nécessaire de répéter cet étalonnage avant chaque mesure d'allongement de la fibre tant que le même type de fibre (conception et fabricant) est utilisé.

C.3.2 Mesure de l'échantillon à l'essai

Effectuer dans les conditions de référence (en général les conditions ambiantes), soit une lecture de la phase en degrés, soit une lecture du retard. Enregistrer cette valeur de référence. Soumettre l'éprouvette à un allongement longitudinal à la charge spécifiée. Après stabilisation de la charge appliquée, répéter les procédures de mesure et noter soit la valeur de la phase après contrainte, soit la longueur. Répéter ces étapes pour toute autre condition de charge supplémentaire. Après libération de la charge appliquée, faire une mesure finale afin de s'assurer que l'allongement appliqué à la fibre revient à son état initial de référence.

NOTE Effectuer une mesure à partir d'une seule extrémité par l'une des méthodes indiquées ci-dessous. Si la méthode de déphasage est utilisée, il convient que la phase soit enregistrée continuellement pendant que l'application de la charge prend en compte des sauts de déphasage de 360°.

a) Pour un câble soumis à l'essai, un chemin optique peut être constitué par deux fibres qui sont reliées à leur autre extrémité. Cependant, du fait de l'effet du moyennage des allongements sur les deux fibres, il convient de prêter une attention particulière à l'interprétation des résultats.

b) Insérer, à l'extrémité proche, un coupleur directionnel approprié relié d'un côté à la source optique et au détecteur et, de l'autre côté, à la fibre soumise à l'essai. Le déphasage ou le retard d'impulsion est alors mesuré entre le signal d'entrée et le signal réfléchi par l'autre extrémité. La face de l'autre extrémité de la fibre coupée doit être propre et perpendiculaire pour maximiser le signal réfléchi. Il convient de s'assurer que les autres réflexions (par exemple, de l'extrémité proche de la fibre) sont réduites au minimum.

Dans les deux cas, il convient d'utiliser un facteur 2 pour corriger les données de déphasage ou de retard d'impulsion recueillies afin de tenir compte de la double longueur du chemin optique.

C.4 Résultats

En complément aux résultats de l'article 8, les informations suivantes doivent être fournies sur demande:

– la charge appliquée à chaque lecture de phase (ou de longueur) et l'allongement calculé;

– le type et la fréquence du modulateur (méthode de déphasage).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

C.3 Procedure

C.3.1 Calibration

Install the reference fibre on the elongation bench and connect it to the optical measurement apparatus.

Progressively increase the fibre elongation within a known range of elongation that is sufficiently linear to determine the factor, *V*.

Measure and record, preferably continuously, the phase shift or pulse delay as a function of the mechanical fibre elongation.

The relation thus determined accounts for the strain-induced changes of the group index.

NOTE 1 It is recommended that the operator carry out the calibration with a random selection of fibre samples of the same type.

NOTE 2 It is not necessary to repeat this calibration before each fibre elongation measurement, as long as the same type of fibre (design and manufacturer) is used.

C.3.2 Specimen measurement

Take either a phase reading in degrees or time-delay reading for the reference condition (typically ambient conditions). Record the reference value. Longitudinally strain the specimen to the specified load. After the applied load is stabilized, repeat the measurement procedures and record either the strained phase value or length value. Repeat these steps for any additional load conditions. Upon releasing the applied load, take a final measurement to ensure that the applied fibre strain has returned to its original reference condition.

NOTE Perform a single-end measurement using one of the techniques shown below. If the phase-shift technique is used, the phase should be continuously recorded while applying the load to account for 360° phase-shift roll-overs.

a) For a cable under test, form an optical path by two fibres that are connected together at the far end. However, due to the averaging effect of the strains on the two fibres, take particular care when interpreting the results.

b) Insert, at the near end, a suitable directional coupler connected, on one side, to the optical source and to the detector, and, on the other side, to the fibre under test. Then measure the phase shift or pulse delay between the input signal and the signal reflected from the far end. The cleaved fibre far end face shall be clean and perpendicular in order to maximize the reflected signal. Take care to minimize other reflections (e.g. from the near end of the fibre).

In both cases, use a factor 2 to correct the collected phase-shift or pulse-delay data in order to take into account the double length of the optical path.

C.4 Results

In addition to the results in clause 8, the following information shall be available upon request:

– load applied at each phase (or length) reading, and the calculated strain;

– type and frequency of modulator (phase-shift method).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe D
(normative)

Prescriptions spécifiques à la méthode D – Mesure de la longueur mécanique

D.1 Principe

Cette méthode de mesure de la longueur de la fibre est faite par enroulement de la fibre sur une bobine. Cela peut être fait lors du tirage, pendant l'opération de tension de sélection, ou encore, par exemple, au cours du processus d'enroulement. Pendant le procédé, la fibre s'engage sur une roue étalonnée de diamètre fixé, qui tourne. Le nombre de révolutions résultant du procédé d'enroulement, multiplié par $\pi D/1\,000$, donne la longueur de la fibre en kilomètres, où D est le diamètre de la roue de comptage, en mètres.

D.2 Appareillage

Prévoir une roue ou un arrangement de roues tel que le passage de la longueur de fibre au travers du dispositif soit lié au compteur qui enregistre les rotations de la roue de manière linéaire. S'assurer qu'aucun dérapage de la fibre sur la roue de comptage n'apparaisse.

Le compteur de la roue doit être rigide, avec une surface sans bavures ou autres signes susceptibles d'endommager la fibre. Relier le compteur de la roue à un compteur électronique qui peut facultativement, faire la conversion en longueur.

D.3 Procédure

D.3.1 Etalonnage

Etalonner la roue par le passage d'une fibre de longueur connue (fibre d'étalonnage) au travers du procédé d'enroulement. Cela permet des corrections lors des changements de traitement de surface de la roue ou du mécanisme de roue.

Utiliser un équipement de surveillance pour déterminer les mesures de longueur pour la fibre d'étalonnage. Utiliser une fibre d'une longueur qui soit assez longue pour la précision désirée. Pendant la mesure, la déployer en ligne droite et la mesurer à une température qui soit compatible avec la température de fonctionnement du dispositif de mesure mécanique.

D.3.2 Opération

Réinitialiser le compteur et initialiser le procédé d'enroulement. A l'achèvement du procédé d'enroulement, noter le nombre de tours et les convertir en longueur.

NOTE On doit s'assurer que l'enroulement n'introduise pas d'importants allongements et que les conditions d'allongement sont les mêmes pendant l'étalonnage.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex D
(normative)

Requirements specific to method D – Mechanical length

D.1 Principle

This method of measuring fibre length is carried out by winding the fibre onto a spool. It may be done on the draw, during the tensile-proof operation, or any other such winding process. During the process, the fibre engages with a fixed diameter calibrated wheel that rotates. The number of revolutions resulting from the winding process, multiplied by $\pi D/1\ 000$, yields the length of the fibre in kilometres, where D is the diameter of the counting wheel, in metres.

D.2 Apparatus

Provide a wheel, or arrangement of wheels, so that the passage of fibre length through the assembly is linked to the counter wheel rotation in a linear fashion. Take care to ensure that no slippage of the fibre relative to the surface of the counting wheel occurs.

The counter wheel shall be rigid, with a surface that is free of burrs or other features that can damage the fibre. Link the counter wheel with an electronic counter that may optionally convert counts to length.

D.3 Procedure

D.3.1 Calibration

Calibrate the wheel by passing a fibre of known length (calibration fibre) through the winding process. This can correct for variations in wheel surface treatment or wheel machining.

Use surveying equipment to obtain length measurements on the calibration fibre. Use a fibre of a length that is long enough for the desired accuracy. When being measured, deploy it in a straight line and measure it at a temperature that is consistent with the operating temperature of the mechanical measurement device.

D.3.2 Operation

Reset the counter and initiate the winding process. At the completion of the winding process, note the count and convert to length.

NOTE Care should be taken to ensure that winding does not introduce substantial elongation and that elongation conditions are the same during calibration

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe E
(normative)

Prescriptions spécifiques à la méthode E – Déphasage

E.1 Généralités

Cette méthode d'essai utilise la modification du déphasage dans une fibre optique ou un câble si la fréquence est élevée à une fréquence de modulation prédéterminée f_{max}. Elle peut être appliquée à des longueurs de fibre inférieure à 1 m jusqu'à plusieurs kilomètres pour les fibres de type A1 et jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres pour les fibres de type B.

E.2 Appareillage

Un diagramme de l'appareillage de mesure est présenté à la figure E.1. 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 CEI 60793-1-42.

E.2.1 Source lumineuse

On peut utiliser indifféremment une diode laser ou une diode électroluminescente. Le centre de la longueur d'onde et la phase de sortie modulée doivent être stables pendant le temps de la mesure en présence d'un courant de polarisation, d'une fréquence de modulation et d'une plage de température de la diode.

La largeur spectrale de la source vers une largeur d'impulsion à mi-hauteur (LMH) doit être inférieure ou égale à 30 nm. Cela peut être atteint en utilisant une source monochromatique ou un filtre optique, si nécessaire.

E.2.2 Modulateur

Prévoir un moyen pour moduler l'intensité de sortie de la source optique sur une plage de fréquence large, généralement comprise entre 100 Hz et quelques gigahertz, pour produire une forme d'onde qui possède une composante unique de Fourier dominante, telle qu'une onde sinusoïdale.

Le choix de la fréquence de modulation est déterminée avec la longueur de fibre maximale qui est mesurée et la précision de mesure prescrite. Pour éviter des ambiguïtés causées par les déphasages de 2π, où il y a plus d'un cycle de modulation complète dans la fibre, il est nécessaire de partir avec une fréquence faible et de compter le nombre de cycles complets au fur et à mesure que la fréquence est augmentée lentement. Il est important que le nombre des déphasages de 2π soit compté sans équivoque. Habituellement l'usage d'une fréquence plus haute donne une mesure plus précise de la longueur. Pour une longueur L de fibre donnée, en mètres, la fréquence de démarrage maximale f_{start}, en hertz, est donnée par

$$f_{start} \leq \frac{c}{N \times L} \qquad \text{(E.1)}$$

où

c est la vitesse de la lumière dans le vide, en m/s;

N est l'indice de groupe.

Par exemple, pour une longueur de 10 km, une valeur typique maximale de f_{start} serait de 20 kHz.

En variante, si la fréquence de démarrage a déjà été choisie, la longueur maximale mesurable de la fibre peut être calculée à partir du réarrangement de l'équation (E.1).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex E
(normative)

Requirements specific to method E – Phase shift

E.1 General

This test method uses the phase shift change in an optical fibre or cable when the frequency is increased to a predetermined modulation frequency f_{max}. 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.

E.2 Apparatus

A diagram of the measurement apparatus is shown in figure E.1. 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 A of IEC 60793-1-42.

E.2.1 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.

E.2.2 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 2π 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 2π 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_{start}, in hertz, is given by

$$f_{start} \leq \frac{c}{N \times L} \qquad \text{(E.1)}$$

where

c is the velocity of light in a vacuum, in m/s;

N is the group index.

For example, for a length of 10 km a typical maximum value of f_{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 (E.1).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Le choix d'une fréquence plus élevée, le bruit de la phase correspondante à cette fréquence et l'incertitude de la fréquence de modulation elle-même détermineront la résolution de la mesure. Pour un changement de phase minimale mesurable de $\Delta\phi$, en radians, la longueur minimale résolue ΔL, en l'absence du bruit de la phase et de l'incertitude de la fréquence, est donnée par

$$\Delta L = \frac{\Delta\phi \times c}{f_{\max} \times N \times 2\pi} \qquad \text{(E.2)}$$

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

En variante, pour une résolution donnée de la longueur de fibre, la fréquence maximale demandée peut être déterminée par un réarrangement de l'équation (E.2).

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

E.2.3 Composants optiques d'injection

Coupler la lumière à partir d'une source dans la fibre à l'essai en imageant par un moyen optique, par exemple, la source sur l'extrémité de la fibre à l'essai ou en couplant l'extrémité immédiate à partir d'une fibre amorce qui est couplée à la source. Pour les fibres de catégorie A1, il est nécessaire de limiter les conditions d'injection de façon à exciter seulement les modes faibles, pour minimiser les effets de la dispersion modale. Cela peut être fait ou par une image directe de la source sur l'extrémité de la fibre à l'essai en utilisant un système optique dans lequel l'ouverture numérique et la taille de la tâche puissent être limitées, ou par le couplage à partir d'une fibre amorce unimodale qui est positionnée sur l'axe de la fibre à l'essai et en contact avec elle.

E.2.4 Détecteur de signaux et dispositif électronique de détection des signaux

Pendant la détection du signal, utiliser un détecteur optique qui soit sensible à la longueur d'onde de la mesure, stable toute la durée de la mesure, et linéaire dans la plage de la modulation de l'intensité. Un amplificateur peut être utilisé pour augmenter la sensibilité de la détection. Coupler la lumière à partir de la fibre à l'essai sur le détecteur en utilisant, par exemple, l'image directe avec les objectifs ou une fibre amorce qui est couplée directement au détecteur. Pour les fibres de catégorie A1, il est nécessaire de recueillir uniquement la lumière à partir de modes faibles dans la fibre à l'essai. Cela peut être achevé par une image directe sur le détecteur utilisant un système optique dans lequel l'ouverture numérique et la taille de la tâche puissent être limités, ou par un couplage direct dans la fibre amorce d'une fibre unimodale qui est positionnée sur l'axe de la fibre à l'essai et en contact avec elle.

Utiliser un appareil pour mesurer la phase – tel qu'un phasemètre, un voltmètre vectoriel ou un analyseur de réseau – qui réponde uniquement à la composante de Fourier fondamentale du signal de modulation pour déterminer la phase de la lumière détectée. Chaque déphasage qui est introduit par le système de mesure de la phase doit être constant pendant la durée de la mesure.

E.2.5 Signal de référence

Un signal de référence est demandé par le phasemètre, qui a la même composante de Fourier fondamentale que le signal de modulation, face auquel la phase du signal de sortie est mesurée. Le signal de référence doit être verrouillé sur le signal de modulation. Le signal de référence peut être obtenu en prenant une connexion électrique directe à partir de la source de modulation vers le phasemètre, ou en utilisant un détecteur couplé à un doubleur de faisceau optique ou à un coupleur de fibre qui est placé entre la source et la fibre à l'essai.

E.2.6 Instrument de calcul

Un calculateur peut être utilisé en ce qui concerne le contrôle de l'équipement, l'acquisition des données et l'évaluation numérique des données.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The choice of upper frequency, 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 ΔL, in the absence of phase noise and frequency uncertainty, is given by

$$\Delta L = \frac{\Delta\phi \times c}{f_{\max} \times N \times 2\pi} \qquad \text{(E.2)}$$

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

Alternatively, for a given fibre length resolution, then the maximum frequency required may be determined from a re-arrangement of equation (E.2).

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

E.2.3 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 minimise the effects of modal dispersion. This may be achieved either by direct imaging of the source onto the end of the test fibre using an optical system in which the numerical aperture and the spot-size may be restricted, or by direct coupling from a single-mode fibre pigtail which is positioned on the axis of the test fibre and in contact with it.

E.2.4 Signal detector and signal detection electronics

For signal detection use an optical detector that is sensitive at the wavelength of measurement, is stable over the duration of the measurement, and is 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.

E.2.5 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.

E.2.6 Computation equipment

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

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

E.3 Echantillonnage et échantillons à l'essai

L'échantillon à l'essai doit être une fibre qui peut ou non être câblée. Les longueurs d'échantillons utilisées dans la pratique vont de 1 m jusqu'à des centaines de kilomètres. L'échantillon, les composants optiques d'injection et les fibres amorces, si utilisées, doivent être fixées en position à une température nominale constante pendant la durée de la mesure. En cas de fibres ou de câbles installés, le déploiement et les conditions d'environnement les plus couramment utilisés peuvent être utilisées.

Soit une fibre d'étalonnage de phase de même type que la fibre à l'essai, (ou les fibres amorces, si utilisées), est recherchée pour compenser les déphasages qui peuvent être ajoutés par le phasemètre soit les longueurs de parcours internes optiques sont utilisées. On utilise en général des longueurs comprises entre 0 m à 2 m.

Préparer les faces d'extrémités pour les extrémités d'entrée et de sortie de la fibre d'étalonnage et la fibre à l'essai, appropriées aux prescriptions de E.2.3 et de E.2.4.

E.4 Procédure

E.4.1 Sélectionner la fréquence de démarrage

Sélectionner une fréquence appropriée de modulation faible f_{start}, déterminée dans l'équation (E.1). Si la longueur approximative est inconnue, alors utiliser la fréquence de modulation la plus basse disponible mais agir avec prudence en ce qui concerne la possibilité d'erreurs de phase de 2π dans la fibre.

E.4.2 Sélection de la fréquence maximale

Sélectionner une fréquence maximale convenable, f_{max}, déterminée en utilisant l'équation (E.2), pour la résolution de longueur demandée.

E.4.3 Mesure de phase

Ce paragraphe s'applique à toutes les mesures de longueur faites sur les fibres à l'essai et à l'étalonnage en phase des fibres, ainsi que, si cela est prescrit, lors de la détermination de l'indice de groupe.

Partir de la fréquence de modulation f_{start} augmenter la fréquence, jusqu'à ce que f_{max} soit atteint, à un niveau suffisant pour permettre la détermination sans équivoque du nombre m de déphasage de 2π qui se produit. Mesurer l'angle de phase ϕ' à la sortie de la fibre à f_{max}.

Calculer l'angle de phase total ϕ comme suit,

$$\phi = \phi' + m \times 2\pi \qquad \text{(E.3)}$$

E.4.4 Mesure de la longueur de la fibre à l'essai

E.4.4.1 Phase d'étalonnage de référence

Selon que des fibres amorces sont ou non utilisées, étalonner la phase de référence en suivant l'une des deux méthodes ci-dessous.

a) Si les fibres amorces ne sont pas utilisées, coupler une extrémité de fibre de la phase d'étalonnage (entrée) à une source lumineuse. Coupler l'autre extrémité (sortie) au système de détection. Mesurer le déphasage ϕ_{ref} conformément à E.4.3.

b) Si les fibres amorces sont utilisées à la fois aux extrémités d'injection et de réception, celles-ci sont connectées ensemble pour effectuer la mesure de phase de référence au lieu d'utiliser une fibre d'étalonnage de phase séparé. Mesurer le déphasage ϕ_{ref} conformément à E.4.3.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

E.3 Sampling and specimens

The test sample shall be a fibre which may, or may not, be cabled. Typical fibre sample lengths are 1 m to hundreds of kilometres. The sample, launch optics and pigtails, if used, shall 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 0 m to 2 m.

Prepare end faces for the input and output ends of the calibration fibre and test fibre, as appropriate for the requirements of E.2.3 and E.2.4.

E.4 Procedure

E.4.1 Selection of starting frequency

Select a suitably low modulation frequency f_{start}, determined using equation (E.1). If the approximate length of the fibre is unknown then use the lowest available modulation frequency but exercise caution with respect to the possibility of 2π phase errors in the fibre.

E.4.2 Selection of maximum frequency

Select a suitable maximum frequency f_{max}, determined using equation (E.2), for the required length resolution.

E.4.3 Phase measurement performance

This subclause applies to all length measurements made on the test fibre and the phase calibration fibre, and also, if required, during the determination of group index.

Starting at modulation frequency f_{start} increase the frequency, until f_{max} is reached, at a rate sufficient to allow the unambiguous determination of the number, *m,* of 2π phase shifts that occur. Measure the phase angle ϕ' at the output of the fibre at f_{max}.

Calculate the total phase angle ϕ as follows:

$$\phi = \phi' + m \times 2\pi \qquad \text{(E.3)}$$

E.4.4 Measurement of length of test fibre

E.4.4.1 Calibration of reference phase

Depending on whether fibre pigtails are used or not, calibrate the reference phase by following one of the two methods below:

a) When pigtails are not used, couple one end of the phase calibration fibre (input) to the light source. Couple the other end (output) to the detection system. Measure the phase shift ϕ_{ref} according to E.4.3.

b) When pigtails are used at both the launch and receive ends, these are connected together to perform the reference phase measurement instead of using a separate phase calibration fibre. Measure the phase shift ϕ_{ref} according to E.4.3.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Il est parfois pratique d'éliminer la fibre d'étalonnage de phase et/ou les fibres amorces à partir de l'appareillage après que la mesure de référence a été faite. Cela peut être fait à condition que le déphasage qui s'est produit dans la fibre d'étalonnage de la phase et/ou les fibres amorces soit connu et soit ajouté par la suite au mouvement de phase mesurée de la fibre à l'essai, voir E.4.4.2.

NOTE Normalement, il n'est pas indispensable d'étalonner la phase de référence avant chacune et à chaque mesure. L'utilisation d'une valeur de référence stockée est autorisée à condition qu'il soit entendu que la présence d'un mouvement de phase dans le système peut dégrader l'incertitude de la mesure.

E.4.4.2 Mesure de la phase de la fibre à l'essai

Selon que des fibres amorces sont ou non utilisées, mesurer la phase de la fibre à l'essai en suivant une des deux méthodes ci-dessous.

a) Si les fibres amorces ne sont pas utilisées, découpler la sortie de la fibre d'étalonnage de la phase, à partir du système de détection et la coupler à une extrémité de la fibre à l'essai (entrée). Coupler l'autre extrémité (sortie) de la fibre à l'essai au système de détection. Mesurer le déphasage ϕ_{sig} conformément à E.4.3 en utilisant la même valeur de f_{max} que celle qui est utilisée en E.4.4.1.

b) Si les fibres amorces sont utilisées à la place d'une fibre d'étalonnage de phase, déconnecter les fibres amorces les unes des autres et coupler les extrémités libres à la fibre en essai. Mesurer le déphasage ϕ_{sig} conformément à E.4.3 en utilisant la même valeur de f_{max} que celle qui est utilisée en E.4.4.1.

E.5 Calcul et interprétation des résultats

E.5.1 Détermination de la longueur de la fibre à l'essai

Calculer la longueur L de la fibre à l'essai comme suit:

$$L = \frac{(\phi_{sig} - \phi_{ref}) \times c}{N \times f_{max} \times 2\pi} \qquad \text{(E.4)}$$

où

L est en mètres;

ϕ_{ref} , ϕ_{sig} sont en radians;

c est en mètres par seconde;

f_{max} est en hertz;

N est l'indice de groupe.

Noter que ϕ_{ref} et ϕ_{sig} représentent l'angle de phase total pour la fréquence maximale f_{max} utilisée, incluant le nombre total des déphasages de 2π, voir l'équation (E.3).

NOTE L'indice de groupe N peut être fourni par le fabricant de fibres ou de câbles. La précision dans la mesure de la longueur utilisant cette méthode dépend largement de la certitude avec laquelle l'indice de groupe est connu. Les valeurs de l'indice de groupe varient de fibre en fibre et peuvent aussi être sensibles à la température. Les valeurs typiques des fabricants ont une incertitude équivalente à 0,1 % de la mesure de la longueur. Si l'indice de groupe n'est pas connu alors il peut être déterminé conformément à la procédure décrite en E.6.1.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

It is sometimes convenient to remove the phase calibration fibre and/or the pigtails from the apparatus after the reference measurement has been made. This may be done provided that the phase shift that occurred within the phase calibration fibre and/or the pigtails is known and is subsequently added to the measured phase shift of the fibre under test, see E.4.4.2.

NOTE It is not normally necessary to calibrate the reference phase before each and every measurement. The use of a stored reference value is permitted provided that it is understood that the presence of phase drift in the system may degrade the measurement uncertainty.

E.4.4.2 Measurement of test fibre phase

Depending on whether fibre pigtails are used or not, measure the test fibre phase by following one of the two methods below.

a) When pigtails are not used, uncouple the output of the phase calibration fibre from the detection system and couple it to one end of the fibre under test (input). Couple the other end (output) of the fibre under test to the detection system. Measure the phase shift ϕ_{sig} according to E.4.3 using the same value of f_{max} used E.4.4.1.

b) When pigtails are used instead of a phase calibration fibre, disconnect the pigtails from each other and couple the free ends to the fibre under test. Measure the phase shift ϕ_{sig} according to E.4.3 using the same value of f_{max} used in E.4.4.1.

E.5 Calculation and interpretation of results

E.5.1 Determination of test fibre length

Calculate the length, L, of the test fibre as follows:

$$L = \frac{(\phi_{sig} - \phi_{ref}) \times c}{N \times f_{max} \times 2\pi} \quad \text{(E.4)}$$

where

L is in metres;

ϕ_{ref} , ϕ_{sig} are in radians;

c is in metres per second;

f_{max} is in hertz;

N is the group index.

Note that ϕ_{ref} and ϕ_{sig} represent the total phase angle at the maximum frequency f_{max} used, including the total number of 2π phase shifts, see equation (E.3).

NOTE The group index N may be supplied by the fibre or cable manufacturer. The accuracy in measurement of length using this method largely depends on the certainty with which the group index is known. Group index values vary from fibre to fibre and may also be temperature sensitive. Typical manufacturers' values have an uncertainty equivalent to 0,1 % in length measurement. If the group index is not known then it may be determined according to the procedure described in E.6.1.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

E.6 Indice de groupe

E.6.1 Introduction

Pour déterminer la valeur de l'indice de groupe, il est nécessaire de mesurer le déphasage associé à une fibre de longueur connue à la longueur d'onde de la mesure. Cela peut être obtenu par coupure d'une longueur connue de fibre à partir de l'extrémité de sortie de la fibre à l'essai, définie dans la méthode de la fibre coupée, décrite en E.6.2, ou par connexion à l'appareillage, à la place de la fibre à l'essai, d'une fibre de longueur connue, de la même classe et du même type que la fibre à l'essai, Cette méthode, dite méthode de substitution, est décrite en E.6.3.

NOTE Des incertitudes dues à des non-linéarités dans le système de mesure de la phase peuvent être minimisées en choisissant les longueurs de fibre coupée et de fibre de substitution correspondant approximativement à un cycle de phase 2π de la fréquence de modulation. Par exemple, à une fréquence maximale f_{max} de 100 MHz, cela correspond à une longueur de 2 m environ.

E.6.2 Méthode de la fibre coupée

E.6.2.1 Coupler l'une des extrémités (entrée) de la fibre à l'essai à la source lumineuse. Coupler l'autre extrémité (sortie) de la fibre à l'essai au système de détection. Mesurer le déphasage ϕ_{long} conformément à E.4.3.

E.6.2.2 A partir de l'extrémité de sortie de la fibre à l'essai, enlever une courte longueur de la fibre L_{cut}, généralement 2 m à 3 m (voir E.6.1). Re-préparer la nouvelle extrémité de sortie de la fibre à l'essai, qui est maintenant légèrement plus courte, et la coupler au système de détection. Mesurer le déphasage ϕ_{short} conformément à E.4.3 en utilisant la même valeur de f_{max} qui était utilisée en E.6.2.1.

E.6.2.3 Mesurer la longueur de la fibre L_{cut} qui a été enlevée selon E.6.2.2 en utilisant, par exemple, un mètre étalonné. Noter que l'incertitude de cette mesure affectera proportionnellement l'incertitude de la mesure de l'indice de groupe de la fibre à l'essai.

E.6.2.4 Calculer l'indice de groupe en utilisant l'équation:

$$N = \frac{(\phi_{long} - \phi_{short}) \times c}{L_{cut} \times f_{max} \times 2\pi} \qquad \text{(E.5)}$$

E.6.3 Méthode de substitution

E.6.3.1 Coupler l'une des extrémités (entrée) de la fibre d'étalonnage de la phase à la source de lumière. Coupler l'autre extrémité (sortie) au système de détection. Mesurer le déphasage ϕ_{cal} conformément à E.4.3.

E.6.3.2 Découpler la sortie de la fibre d'étalonnage de la phase du système de détection et coupler une fibre de longueur connue L_{sub}, généralement de 2 m à 3 m (voir E.6.1), qui est de la même classe et du même type que la fibre à l'essai, entre la sortie de la fibre d'étalonnage de la phase et le système de détection. La longueur de cette fibre peut être mesurée avec, par exemple, un mètre étalonné. Mesurer le déphasage ϕ_{sub} conformément à E.4.3 utilisant la même valeur de f_{max} utilisée en E.6.3.1.

E.6.3.3 Calculer l'indice de groupe en utilisant l'équation:

$$N = \frac{(\phi_{sub} - \phi_{cal}) \times c}{L_{sub} \times f_{max} \times 2\pi} \qquad \text{(E.6)}$$

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

E.6 Group index

E.6.1 Introduction

To determine the value of group index it is necessary to measure the phase shift associated with a fibre of known length at the wavelength of measurement. This may be performed either by cutting a known length of fibre from the output end of the test fibre, known as the cut-back method, described in E.6.2 or by connecting a fibre of known length, which is of the same class and type as the test fibre, to the apparatus in place of the test fibre, known as the substitution method, described in E.6.3.

NOTE Uncertainties due to non-linearities in the phase measurement system may be minimized by choosing cut-back and substitution fibre lengths corresponding to approximately one 2π phase cycle of the modulation frequency. For example, at a maximum frequency f_{max} of 100 MHz this corresponds to a length of approximately 2 m.

E.6.2 Cut-back method

E.6.2.1 Couple one end (input) of the test fibre to the light source. Couple the other (output) end of the test fibre to the detection system. Measure the phase shift ϕ_{long} according to E.4.3.

E.6.2.2 From the output end of the test fibre, remove a short length of fibre L_{cut} typically 2 m to 3 m (see E.6.1). Re-prepare the new output end of the test fibre, which is now slightly shorter, and couple it to the detection system. Measure the phase shift ϕ_{short} according to E.4.3 using the same value of f_{max} that was used in E.6.2.1.

E.6.2.3 Measure the length of the fibre L_{cut} that was removed in E.6.2.2 using, for example, a calibrated metre rule. Note that the uncertainty in this measurement will proportionally affect the measurement uncertainty of the group index of the test fibre.

E.6.2.4 Calculate the group index using equation:

$$N = \frac{(\phi_{long} - \phi_{short}) \times c}{L_{cut} \times f_{max} \times 2\pi} \quad \text{(E.5)}$$

E.6.3 Substitution method

E.6.3.1 Couple one end (input) of the phase calibration fibre to the light source. Couple the other end (output) to the detection system. Measure the phase shift ϕ_{cal} according to E.4.3.

E.6.3.2 Uncouple the output of the phase calibration fibre from the detection system and couple a fibre of known length L_{sub}, typically 2 m to 3 m (see E.6.1), which is of the same class and type as the test fibre, between the output of the phase calibration fibre and the detection system. The length of this fibre may be measured with, for example, a calibrated metre rule. Measure the phase shift ϕ_{sub} according to E.4.3 using the same value of f_{max} used in E.6.3.1.

E.6.3.3 Calculate the group index using equation:

$$N = \frac{(\phi_{sub} - \phi_{cal}) \times c}{L_{sub} \times f_{max} \times 2\pi} \quad \text{(E.6)}$$

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

La précision de la détermination de l'indice de groupe affectera la précision de la longueur mesurée par la méthode de déphasage. Noter, pour des valeurs très précises, que la valeur de l'indice de groupe peut varier d'une fibre à l'autre, aussi bien avec la température qu'avec la contrainte.

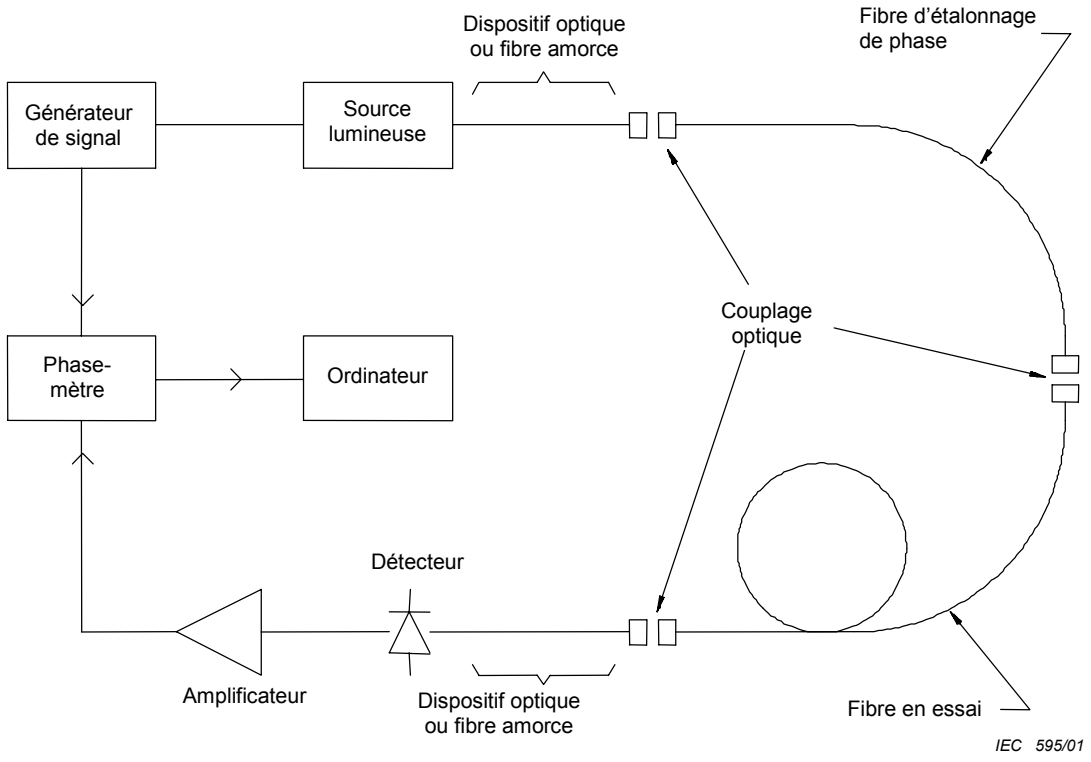

Figure E.1 – Appareillage de mesure de la longueur de fibre

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The precision of the group index determination will affect the precision of the length as measured by phase shift method. Note, for very precise values, the group index value can vary from fibre to fibre, as well as with temperature and stress.

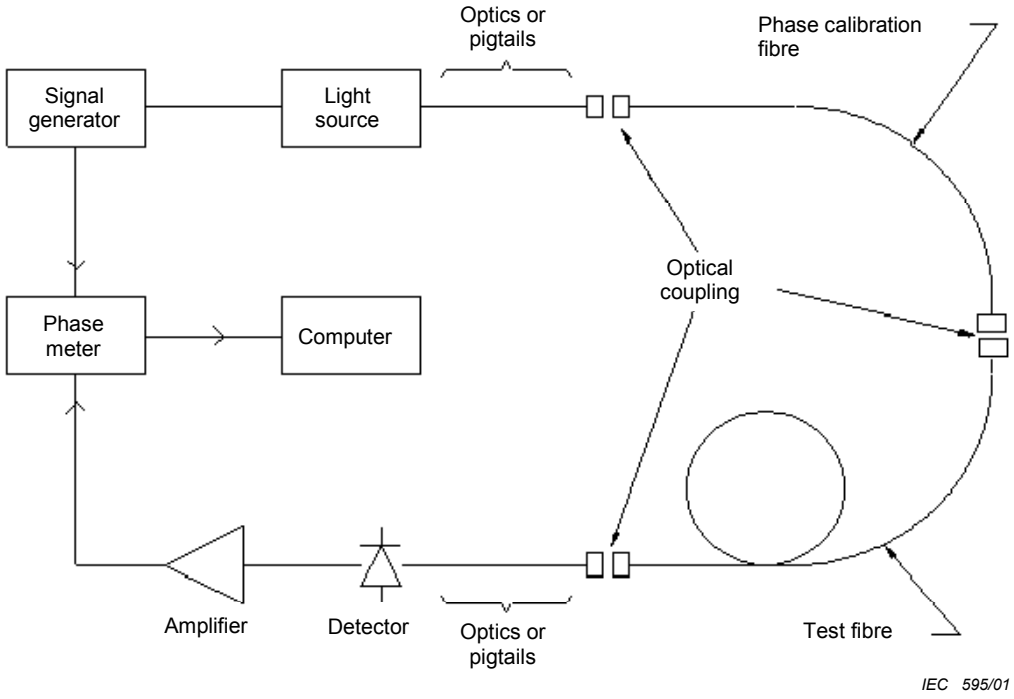

Figure E.1 – Apparatus for fibre length measurement

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Switzerland

or

Fax to: **IEC**/CSC at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

Nicht frankieren
Ne pas affranchir

Non affrancare
No stamp required

A Prioritaire

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)
International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembé
1211 GENEVA 20
Switzerland

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Q1 Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: *(e.g. 60601-1-1)*

.....

Q2 Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard *(tick all that apply).* I am the/a:

purchasing agent ❑
librarian ❑
researcher ❑
design engineer ❑
safety engineer ❑
testing engineer ❑
marketing specialist ❑
other.....

Q3 I work for/in/as a: *(tick all that apply)*

manufacturing ❑
consultant ❑
government ❑
test/certification facility ❑
public utility ❑
education ❑
military ❑
other.....

Q4 This standard will be used for: *(tick all that apply)*

general reference ❑
product research ❑
product design/development ❑
specifications ❑
tenders ❑
quality assessment ❑
certification ❑
technical documentation ❑
thesis ❑
manufacturing ❑
other.....

Q5 This standard meets my needs: *(tick one)*

not at all ❑
nearly ❑
fairly well ❑
exactly ❑

Q6 If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: *(tick all that apply)*

standard is out of date ❑
standard is incomplete ❑
standard is too academic ❑
standard is too superficial ❑
title is misleading ❑
I made the wrong choice ❑
other .....

Q7 Please assess the standard in the following categories, using the numbers:
(1) unacceptable,
(2) below average,
(3) average,
(4) above average,
(5) exceptional,
(6) not applicable

timeliness.....
quality of writing.....
technical contents.....
logic of arrangement of contents .....
tables, charts, graphs, figures.....
other .....

Q8 I read/use the: *(tick one)*

French text only ❑
English text only ❑
both English and French texts ❑

Q9 Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale
3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Suisse

ou

Télécopie: **CEI**/CSC +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

Nicht frankieren
Ne pas affranchir

Non affrancare
No stamp required

A Prioritaire

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)
Commission Electrotechnique Internationale
3, rue de Varembé
1211 GENÈVE 20
Suisse

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Q1 Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact: (*ex. 60601-1-1)*

.....

Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?
(cochez tout ce qui convient)
Je suis le/un:

agent d'un service d'achat ❑
bibliothécaire ❑
chercheur ❑
ingénieur concepteur ❑
ingénieur sécurité ❑
ingénieur d'essais ❑
spécialiste en marketing ❑
autre(s).....

Q3 Je travaille:
(cochez tout ce qui convient)

dans l'industrie ❑
comme consultant ❑
pour un gouvernement ❑
pour un organisme d'essais/ certification ❑
dans un service public ❑
dans l'enseignement ❑
comme militaire ❑
autre(s).....

Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme
(cochez tout ce qui convient)

ouvrage de référence ❑
une recherche de produit ❑
une étude/développement de produit ❑
des spécifications ❑
des soumissions ❑
une évaluation de la qualité ❑
une certification ❑
une documentation technique ❑
une thèse ❑
la fabrication ❑
autre(s).....

Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins:
(une seule réponse)

pas du tout ❑
à peu près ❑
assez bien ❑
parfaitement ❑

Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:
(cochez tout ce qui convient)

la norme a besoin d'être révisée ❑
la norme est incomplète ❑
la norme est trop théorique ❑
la norme est trop superficielle ❑
le titre est équivoque ❑
je n'ai pas fait le bon choix ❑
autre(s) .....

Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres
(1) inacceptable,
(2) au-dessous de la moyenne,
(3) moyen,
(4) au-dessus de la moyenne,
(5) exceptionnel,
(6) sans objet

publication en temps opportun .....
qualité de la rédaction.....
contenu technique .....
disposition logique du contenu .....
tableaux, diagrammes, graphiques, figures.....
autre(s) .....

Q8 Je lis/utilise: *(une seule réponse)*

uniquement le texte français ❑
uniquement le texte anglais ❑
les textes anglais et français ❑

Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ISBN 2-8318-5948-4

ICS 33.180.10

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND