

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60794-1-1

Edition 1.1

2000-06

Edition 1:1999 consolidée par l'amendement 1:2000
Edition 1:1999 consolidated with amendment 1:2000

Câbles à fibres optiques –

**Partie 1-1:
Spécification générique – Généralités**

Optical fibre cables –

**Part 1-1:
Generic specification – General**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60794-1-1:1999+A1:2000

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications 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.

Validité de la présente publication

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 la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

Validity of this publication

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 the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

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 to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60794-1-1

Edition 1.1

2000-06

Edition 1:1999 consolidée par l'amendement 1:2000
Edition 1:1999 consolidated with amendment 1:2000

Câbles à fibres optiques –

Partie 1-1:

Spécification générique – Généralités

Optical fibre cables –

Part 1-1:

Generic specification – General

© IEC 2000 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application et objet.....	8
2 Références normatives.....	8
3 Définitions.....	12
4 Câbles à fibres optiques.....	12
4.1 Câbles à enterrer directement	12
4.2 Câbles installés dans des canalisations.....	12
4.3 Câbles installés dans des galeries.....	12
4.4 Câbles aériens	12
4.5 Câbles immergés pour lacs, rivières et fjords	12
4.6 Câbles intérieurs	12
4.7 Câbles mobiles	12
4.8 Câbles pour équipements.....	12
4.9 Câbles à usage spécial	12
5 Matériaux.....	12
5.1 Nature de la fibre	12
5.2 Conducteurs électriques.....	12
5.3 Autres matériaux.....	12
6 Construction du câble.....	12
7 Méthodes de mesure – Généralités	14
8 Méthodes de mesure relatives aux dimensions	14
9 Méthodes de mesure relatives aux caractéristiques mécaniques.....	16
10 Méthodes de mesure relatives aux caractéristiques électriques	16
11 Méthodes de mesure relatives aux caractéristiques optiques et de transmission	18
12 Méthodes de mesure relatives aux caractéristiques environnementales	20
13 Méthodes de mesure relatives à la caractérisation des éléments de câbles.....	20
Annexe A (informative) Guide pour les câbles à fibres optiques pour liaisons de courtes distances	22
Annexe B (informative) Guide pour l'approvisionnement en câbles à fibres optiques.....	34
Annexe C (informative) Guide pour l'installation de câbles à fibres optiques	44
Annexe D (informative) Guide des effets de l'hydrogène dans les câbles à fibres optiques	76

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope and object	9
2 Normative references	9
3 Definitions	13
4 Optical fibre cables	13
4.1 Cables for direct burial	13
4.2 Cables for installation in ducts	13
4.3 Cables for installation in tunnels	13
4.4 Overhead cables	13
4.5 Underwater cables for lakes, river crossings and fjords	13
4.6 Indoor cables	13
4.7 Portable cables	13
4.8 Equipment cables	13
4.9 Special purpose cables	13
5 Materials	13
5.1 Optical fibre material	13
5.2 Electrical conductors	13
5.3 Other materials	13
6 Cable construction	13
7 Measuring methods – General	15
8 Measuring methods for dimensions	15
9 Measuring methods for mechanical characteristics	17
10 Measuring methods for electrical characteristics	17
11 Measuring methods for transmission and optical characteristics	19
12 Measuring methods for environmental characteristics	21
13 Measuring methods for cable element characterization	21
Annex A (informative) Guide for optical cables for short distance links	23
Annex B (informative) Guide to the procurement of optical fibre cables	35
Annex C (informative) Guide to the installation of optical fibre cables	45
Annex D (informative) Guide to hydrogen effects in optical fibre cables	77

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CÂBLES À FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-1: Spécification générique – Généralités

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique 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, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60794-1-1 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette première édition de la CEI 60794-1-1 ainsi que la CEI 60794-1-2 annulent et remplacent la quatrième édition de la CEI 60794-1 publiée en 1996, dont elles constituent une révision technique.

La présente norme doit être utilisée conjointement avec la CEI 60794-1-2: *Câbles à fibres optiques – Partie 1-2: Spécification générique – Procédures de base applicables aux essais des câbles optiques*.

La présente version consolidée de la CEI 60794-1-1 est issue de la première édition (1999) [documents 86A/471/FDIS et 86A/488/RVD] et de son amendement 1 (2000) [documents 86A/520/FDIS et 86A/551/RVD].

Elle porte le numéro d'édition 1.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRE CABLES –

Part 1-1: Generic specification – General

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 reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60794-1-1 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This first edition of IEC 60794-1-1 together with IEC 60794-1-2 cancels and replaces the fourth edition of IEC 60794-1 published in 1996, and constitutes a technical revision.

This standard is intended to be used in conjunction with IEC 60794-1-2: *Optical fibre cables – Part 1-2: Generic specification – Basic optical cable test procedures*.

This consolidated version of IEC 60794-1-1 is based on the first edition (1999) [documents 86A/471/FDIS and 86A/488/RVD] and its amendment 1 (2000) [documents 86A/520/FDIS and 86A/551/RVD].

It bears the edition number 1.1

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

La CEI 60794 sera composée des parties suivantes, sous le titre général: *Câbles à fibres optiques*:

Partie 1-1: Spécification générique – Généralités

Partie 1-2: Spécification générique – Procédures de base applicables aux essais des câbles optiques

Partie 2: Câbles intérieurs

Partie 3: Câbles pour canalisations, enterrés et aériens

Partie 4: Câbles pour lignes aériennes

Les annexes A, B et C sont données uniquement à titre d'information.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60794-1:1999+A1:2000 CSV

Withdrawn

IEC 60794 will consist of the following parts, under the general title: *Optical fibre cables*.

Part 1-1: Generic specification – General

Part 1-2: Generic specification – Basic optical cable test procedures

Part 2: Indoor cables

Part 3: Duct, buried and aerial cables

Part 4: Overhead cables

Annexes A, B and C are for information only.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60794-1-1:1999+A1:2000 CSV

Withd2Wm

CÂBLES À FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-1: Spécification générique – Généralités

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60794 est applicable aux câbles à fibres optiques destinés à être utilisés dans les équipements de télécommunications et les dispositifs utilisant des techniques analogues, ainsi qu'aux câbles constitués de fibres optiques d'une part et de conducteurs électriques d'autre part.

La présente norme a pour objet d'établir des prescriptions génériques uniformes relatives à l'établissement des caractéristiques géométriques, de transmission, de matériaux, mécaniques, de vieillissement (exposition à l'environnement) et climatiques des câbles à fibres optiques, ainsi que des prescriptions électriques, le cas échéant.

L'annexe A contient des informations pertinentes sur les liaisons à courtes distances pour de nombreux câbles de ce jeu de spécification.

L'annexe B est un guide, destiné aux utilisateurs de ce jeu de spécifications, pour l'approvisionnement en câbles optiques conformes à ces spécifications.

L'annexe C est un guide d'installation des câbles à fibres optiques.

2 Références normatives

2.1 Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60794. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60794 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60189-1:1986, *Câbles et fils pour basses fréquences isolés au PVC et sous gaine de PVC – Partie 1: Méthodes générales d'essai et de vérification*

CEI 60331:1970, *Caractéristiques des câbles électriques résistant au feu*

CEI 60332-1:1993, *Essais des câbles électriques soumis au feu – Partie 1: Essais sur un conducteur ou câble isolé vertical*

CEI 60332-3:1992, *Essais des câbles électriques soumis au feu – Partie 3: Essais sur des fils ou câbles en nappes*

CEI 60754-1:1994, *Essai sur les gaz émis lors de la combustion de matériaux prélevés sur câbles – Partie 1: Détermination de la quantité de gaz acide halogéné*

CEI 60754-2:1991, *Essai sur les gaz émis lors de la combustion des câbles électriques – Partie 2: Détermination de l'acidité des gaz émis lors de la combustion d'un matériau prélevé sur un câble par mesure du pH et de la conductivité.*

CEI 60793-1-1:1995, *Fibres optiques – Partie 1: Spécification générique – Section 1: Généralités*

OPTICAL FIBRE CABLES –

Part 1-1: Generic specification – General

1 Scope and object

This part of International Standard IEC 60794 applies to optical fibre cables for use with telecommunication equipment and devices employing similar techniques, and to cables having a combination of both optical fibres and electrical conductors.

The object of this standard is to establish uniform generic requirements for the geometrical, transmission, material, mechanical, ageing (environmental exposure) and climatic properties of optical fibre cables, and electrical requirements where appropriate.

Annex A contains information pertinent to short-distance links for many of the cables of this specification set.

Annex B contains guidance for users of this specification set in procuring optical cables compliant with these specifications.

Annex C is a guide to the installation of optical fibre cables.

2 Normative references

2.1 The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60794. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 60794 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of ISO and IEC maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60189-1:1986, *Low-frequency cables and wires with PVC insulation and PVC sheath – Part 1: General test and measuring methods*

IEC 60331:1970, *Fire-resisting characteristics of electric cables*

IEC 60332-1:1993, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 1: Test on a single vertical insulated wire or cable*

IEC 60332-3:1992, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 3: Tests on bunched wires or cables*

IEC 60754-1:1994, *Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 1: Determination of the amount of halogen acid gas*

IEC 60754-2:1991, *Test on gases evolved during combustion of electric cables – Part 2: Determination of degree of acidity of gases evolved during the combustion of materials taken from electric cables by measuring pH and conductivity*

IEC 60793-1-1:1995, *Optical fibres – Part 1: Generic specification – Section 1: General*

CEI 60793-1-2:1995, *Fibres optiques – Partie 1: Spécification générique – Section 2: Méthodes de mesure des dimensions*

CEI 60793-1-3:1995, *Fibres optiques – Partie 1: Spécification générique – Section 3: Méthodes de mesure des caractéristiques mécaniques*

CEI 60793-1-4:1995, *Fibres optiques – Partie 1: Spécification générique – Section 4: Méthodes de mesure des caractéristiques optiques et de transmission*

CEI 60793-1-5:1995, *Fibres optiques – Partie 1: Spécification générique – Section 5: Méthodes de mesure des caractéristiques d'environnement*

CEI 60793-2:1992, *Fibres optiques – Partie 2: Spécifications de produit*

CEI 60811-1-1:1993, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Partie 1: Méthodes d'application générale – Section 1: Mesure des épaisseurs et des dimensions extérieures – Détermination des propriétés mécaniques*

CEI 60874-1:1993, *Connecteurs pour fibres et câbles optiques – Partie 1: Spécification générique*

CEI 60885-1:1987, *Méthodes d'essais électriques pour les câbles électriques – Première partie: Essais électriques pour les câbles, les conducteurs et les fils pour une tension inférieure ou égale à 450/750 V*

CEI 61034-1:1997, *Mesure de la densité des fumées dégagées par des câbles brûlant dans des conditions définies – Partie 1: Appareillage d'essai*

CEI 61034-2:1997, *Mesure de la densité des fumées dégagées par des câbles brûlant dans des conditions définies – Partie 2: Procédures d'essai et prescriptions*

CEI 61300-2-1:1995, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesure – Partie 2-1: Essais – Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 61300-2-2:1995, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesure – Partie 2-2: Essais – Durabilité de l'accouplement*

CEI 61300-2-4:1995, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesure – Partie 2-4: Essais – Rétention de la fibre et du câble*

CEI 61300-2-5:1995, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesure – Partie 2-5: Essais – Torsion/rotation*

CEI 61300-2-6:1995, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesure – Partie 2-6: Essais – Résistance à la traction du mécanisme de verrouillage*

CEI 61300-2-12:1995, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesure – Partie 2-12: Essais – Impact*

CEI 61300-3-1:1995, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesure – Partie 3-1: Examens et mesures – Examen visuel*

CEI 61300-3-11:1995, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesure – Partie 3-11: Examens et mesures – Force d'accouplement et de désaccouplement*

IEC 60793-1-2:1995, *Optical fibres – Part 1: Generic specification – Section 2: Measuring methods for dimensions*

IEC 60793-1-3:1995, *Optical fibres – Part 1: Generic specification – Section 3: Measuring methods for mechanical characteristics*

IEC 60793-1-4:1995, *Optical fibres – Part 1: Generic specification – Section 4: Measuring methods for transmission and optical characteristics*

IEC 60793-1-5:1995, *Optical fibres – Part 1: Generic specification – Section 5: Measuring methods for environmental characteristics*

IEC 60793-2:1992, *Optical fibres – Part 2: Product specifications*

IEC 60811-1-1:1993, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1: Methods for general application – Section 1: Measurement of thickness and overall dimensions – Tests for determining the mechanical properties*

IEC 60874-1:1993, *Connectors for optical fibres and cables – Part 1: Generic specification*

IEC 60885-1:1987, *Electrical test methods for electric cables – Part 1: Electrical tests for cables, cords and wires for voltages up to and including 450/750V*

IEC 61034-1:1997, *Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions – Part 1: Test apparatus*

IEC 61034-2:1997, *Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions – Part 2: Test procedure and requirements*

IEC 61300-2-1:1995, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-1: Tests – Vibration (sinusoidal)*

IEC 61300-2-2:1995, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-2: Tests – Mating durability*

CEI 61300-2-4:1995, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-4: Tests – Fibre/cable retention*

CEI 61300-2-5:1995, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-5: Tests – Torsion/twist*

CEI 61300-2-6:1995, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-6: Tests – Tensile strength of coupling mechanism*

CEI 61300-2-12:1995, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-12: Tests – Impact*

CEI 61300-3-1:1995, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-1: Examinations and measurements – Visual examination*

CEI 61300-3-11:1995, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-11: Examinations and measurements – Engagement and separation forces*

2.2 Les références ci-incluses à la spécification particulière pour les attributs et les paramètres des câbles sont prévues pour inclure les autres parties applicables de la présente spécification, les spécifications de familles applicables qui en dépendent et la spécification particulière. L'annexe A de la présente spécification contient de telles prescriptions pour les liaisons à courtes distances.

3 Définitions

A l'étude.

4 Câbles à fibres optiques

Les câbles à fibres optiques, contenant des fibres optiques et éventuellement des conducteurs électriques, comprennent les types énumérés ci-dessous.

4.1 Câbles à enterrer directement

4.2 Câbles installés dans des canalisations

4.3 Câbles installés dans des galeries

4.4 Câbles aériens

4.5 Câbles immergés pour lacs, rivières et fjords

4.6 Câbles intérieurs

4.7 Câbles mobiles

4.8 Câbles pour équipements

4.9 Câbles à usage spécial

5 Matériaux

5.1 Nature de la fibre

La qualité des fibres optiques doit être uniforme et leurs caractéristiques doivent satisfaire aux prescriptions données dans la CEI 60793-1-1 et dans la CEI 60793-2.

5.2 Conducteurs électriques

Les propriétés des conducteurs électriques doivent être conformes aux normes CEI qui les concernent, comme indiqué dans la spécification particulière.

5.3 Autres matériaux

Les matériaux utilisés dans la construction des câbles à fibres optiques doivent être compatibles avec les propriétés physiques et optiques des fibres et être conformes aux normes CEI qui les concernent, comme indiqué dans la spécification particulière.

6 Construction du câble

La construction, les dimensions, la masse, les propriétés mécaniques, optiques, climatiques et électriques de chacun des types de câbles à fibres optiques doivent être celles indiquées dans la spécification particulière.

2.2 References herein to the detail specification for cable attributes and parameters are intended to include the applicable other parts of this specification, the applicable family specifications contained therein, and the detail specification. Annex A of this specification contains such requirements for short distance links.

3 Definitions

Under consideration.

4 Optical fibre cables

Optical fibre cables, containing optical fibres and possibly electrical conductors, consist of the following types.

4.1 Cables for direct burial

4.2 Cables for installation in ducts

4.3 Cables for installation in tunnels

4.4 Overhead cables

4.5 Underwater cables for lakes, river crossings and fjords

4.6 Indoor cables

4.7 Portable cables

4.8 Equipment cables

4.9 Special purpose cables

5 Materials

5.1 Optical fibre material

Optical fibres shall be uniform in quality and their characteristics shall meet the requirements of IEC 60793-1-1 and IEC 60793-2.

5.2 Electrical conductors

The characteristics of any electrical conductors shall be in accordance with the relevant IEC standards as stated in the detail specification.

5.3 Other materials

Material used in the construction of optical fibre cables shall be compatible with the physical and optical properties of the fibres, and shall be in accordance with the relevant IEC standards as stated in the detail specification.

6 Cable construction

The construction, dimensions, weight, mechanical, optical, electrical and climatic properties of each type of optical fibre cable shall be as stated in the relevant detail specification.

7 Méthodes de mesure – Généralités

Les essais ne sont pas tous applicables à tous les câbles.

Les caractéristiques intrinsèques des fibres optiques ne sont généralement pas mesurées par les fabricants de câbles. Les valeurs appropriées sont fournies par les fabricants de fibres optiques, comme valeurs unitaires ou statistiques.

Si prescrit et conformément à ce qui est indiqué dans la spécification particulière, il est admis que certains essais soient effectués sur des échantillons après vieillissement.

8 Méthodes de mesure relatives aux dimensions

Les dimensions des fibres optiques, des conducteurs électriques et des câbles doivent être déterminées en soumettant les échantillons à des essais choisis dans le tableau 1. Les essais appliqués, les critères d'acceptation et le nombre d'échantillons doivent être ceux indiqués dans la spécification particulière.

Tableau 1 – Méthodes de mesure relatives aux dimensions

Méthodes d'essai	Essais	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
CEI 60793-1-A1A	Champ proche réfracté (voir note 1)	Diamètre du cœur (voir notes 3, 4 et 5) Diamètre de la gaine optique Non-circularités
CEI 60793-1-A1B	Interférométrie transversale	Erreurs de concentricité
CEI 60793-1-A2	Répartition de la lumière en champ proche (voir note 2)	Diamètre du cœur (voir notes 3, 4 et 5) Diamètre de la gaine optique Non-circularités Erreurs de concentricité
CEI 60793-1-A3	Répartition latérale de la lumière pour le revêtement primaire	Diamètre du revêtement primaire Non-circularité du revêtement primaire Erreur de concentricité du revêtement primaire
CEI 60793-1-A4	Mesure mécanique du diamètre	Diamètre de la gaine optique Diamètre du revêtement primaire Diamètre du revêtement protecteur Non-circularités
CEI 60793-1-A6	Retard d'impulsion transmise et/ou réfléchi	Longueur de la fibre
CEI 60793-1-C1C	Technique de rétrodiffusion	Longueur de la fibre
CEI 60189-1	Mécanique	Diamètre du conducteur électrique
CEI 60811-1-1 CEI 60189-1	Mécanique	Epaisseur de l'isolant Epaisseur des gaines Dimensions d'ensemble

NOTE 1 La méthode par champ proche réfracté est une application directe de la définition du cœur sur la base du profil d'indice de réfraction. Elle donne le profil d'indice de réfraction à partir duquel il est possible de calculer les dimensions et l'ouverture numérique.

NOTE 2 Avec la répartition de la lumière en champ proche, les dimensions obtenues sont liées au profil d'indice de réfraction, mais ne sont pas strictement en conformité avec la définition du diamètre du cœur.

NOTE 3 Pour les dimensions liées à la partie transmission des fibres unimodales (c'est-à-dire diamètre du champ de mode, concentricité du champ de mode), voir la CEI 60793-1-4.

NOTE 4 Pour des raisons pratiques, le diamètre du cœur des fibres unimodales n'est généralement pas spécifié.

NOTE 5 Une définition du diamètre du cœur des fibres unimodales est à l'étude.

7 Measuring methods – General

Not all tests are applicable to all cables.

Intrinsic characteristics of optical fibres are normally not measured by cable manufacturers. The relevant values are provided by optical fibre manufacturers, and available as unitary or statistical values.

If required, and as specified in the detail specification, tests may be carried out on aged samples.

8 Measuring methods for dimensions

The dimensions of the optical fibres, electrical conductors and cables shall be determined by subjecting samples to tests selected from table 1. The tests applied, acceptance criteria and number of samples shall be as specified in the detail specification.

Table 1 – Measuring methods for dimensions

Test method	Test	Characteristics covered by test method
IEC 60793-1-A1A	Refracted near field (see note 1)	Diameter of core (see notes 3, 4 and 5) Diameter of cladding Non-circularities
IEC 60793-1-A1B	Transverse interference method	Concentricity errors
IEC 60793-1-A2	Near field light distribution (see note 2)	Diameter of core (see notes 3, 4 and 5) Diameter of cladding Non-circularities Concentricity errors
IEC 60793-1-A3	Side view light distribution for primary coating	Diameter of primary coating Non-circularity of primary coating Concentricity error of primary coating
IEC 60793-1-A4	Mechanical diameter measurement	Diameter of cladding Diameter of primary coating Diameter of buffer Non-circularities
IEC 60793-1-A6	Delay of transmitted and/or reflected pulse	Length of fibre
IEC 60793-1-C1C	Backscattering technique	Length of fibre
IEC 60189-1	Mechanical	Diameter of electrical conductor
IEC 60811-1-1 IEC 60189-1	Mechanical	Thickness of insulation Thickness of sheaths Overall dimensions

NOTE 1 The refracted near field technique is a direct application of the core definition based on the refractive index profile. This method gives the refractive index profile from which the dimensions and numerical aperture can be calculated.

NOTE 2 With the near-field light distribution the dimensions obtained are correlated to the refractive index profile, but are not strictly in accordance with the definition of the core diameter.

NOTE 3 For dimensions linked to the transmission part of single-mode fibres (i.e. diameter of mode field, concentricity of mode field), see IEC 60793-1-4.

NOTE 4 For practical reasons, the core diameter of single-mode fibres is not normally specified.

NOTE 5 A definition of the core diameter of single-mode fibres is under consideration.

9 Méthodes de mesure relatives aux caractéristiques mécaniques

Les caractéristiques mécaniques des câbles à fibres optiques doivent être vérifiées en soumettant les échantillons à des essais choisis dans le tableau 2. Les essais appliqués, les critères d'acceptation et le nombre d'échantillons doivent être ceux indiqués dans la spécification particulière.

NOTE Les essais ne sont pas tous applicables à tous les câbles.

Tableau 2 – Méthodes de mesure relatives aux caractéristiques mécaniques

Méthodes d'essai	Essais	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
CEI 60794-1-2-E1	Résistance à la traction	
CEI 60794-1-2-E2	Abrasion	
CEI 60794-1-2-E3	Ecrasement	Résistance mécanique
CEI 60794-1-2-E4	Chocs	
CEI 60794-1-2-E13	Détérioration par plombs de chasse	
CEI 60794-1-2-E18	Courbure sous traction	
CEI 60794-1-2-E19	Vibration éolienne* et mouvement de galop*	
CEI 60794-1-2-E6	Courbures répétées	
CEI 60794-1-2-E7	Torsion	
CEI 60794-1-2-E8	Flexions	Facilité de manipulation
CEI 60794-1-2-E10	Pliure	
CEI 60794-1-2-E11	Pliage	
CEI 60794-1-2-E12	Résistance à la coupure	
CEI 60794-1-2-E14	Ecoulement (égouttement) des matériaux de remplissage	
CEI 60794-1-2-E15	Exsudation et volatilité	
CEI 60794-1-2-E17	Raideur	
* A l'étude.		

10 Méthodes de mesure relatives aux caractéristiques électriques

Quand des conducteurs électriques sont incorporés dans un câble à fibres optiques, il peut être nécessaire d'en vérifier les différentes caractéristiques électriques. Le tableau 3 indique les essais typiques. Les essais appliqués et les critères d'acceptation doivent être ceux indiqués dans la spécification particulière.

Tableau 3 – Méthodes de mesure relatives aux caractéristiques électriques

Méthodes d'essai	Essais	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
CEI 60189-1 CEI 60885-1	Résistance électrique du conducteur Rigidité diélectrique de l'isolant Résistance d'isolement	Caractéristiques des conducteurs électriques isolés

9 Measuring methods for mechanical characteristics

The mechanical characteristics of optical fibre cables shall be verified by subjecting samples to tests selected from table 2. The tests applied, acceptance criteria and number of samples shall be as specified in the detail specification.

NOTE Not all tests are applicable to all cables.

Table 2 – Measuring methods for mechanical characteristics

Test method	Test	Characteristics covered by test method
IEC 60794-1-2-E1	Tensile performance	
IEC 60794-1-2-E2	Abrasion	
IEC 60794-1-2-E3	Crush	Mechanical strength
IEC 60794-1-2-E4	Impact	
IEC 60794-1-2-E13	Shot-gun damage	
IEC 60794-1-2-E18	Bending under tension	
IEC 60794-1-2-E19	Aeolian vibration* and galloping*	
IEC 60794-1-2-E6	Repeated bending	
IEC 60794-1-2-E7	Torsion	
IEC 60794-1-2-E8	Flexing	Ease of handling
IEC 60794-1-2-E10	Kink	
IEC 60794-1-2-E11	Bend	
IEC 60794-1-2-E12	Cut-through resistance	
IEC 60794-1-2-E14	Compound flow	
IEC 60794-1-2-E15	Bleeding and evaporation	
IEC 60794-1-2-E17	Stiffness	
* Under consideration.		

10 Measuring methods for electrical characteristics

When electrical conductors are incorporated in an optical fibre cable, verification of various electrical characteristics may be necessary. Typical tests are shown in table 3. The tests applied and the acceptance criteria shall be as laid down in the detail specification.

Table 3 – Measuring methods for electrical characteristics

Test method	Test	Characteristics covered by test method
IEC 60189-1	Conductor resistance	Characteristics of insulated electrical conductors
IEC 60885-1	Dielectric strength of insulation	
	Insulation resistance	

11 Méthodes de mesure relatives aux caractéristiques optiques et de transmission

Les caractéristiques optiques et de transmission des fibres optiques des câbles doivent être vérifiées par la réalisation d'essais choisis parmi ceux du tableau 4. Les essais appliqués et les critères d'acceptation doivent être ceux indiqués dans la spécification particulière.

Tableau 4 – Caractéristiques optiques et de transmission des fibres optiques

Méthodes d'essai	Essais	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
Méthodes d'essai pour les fibres multimodales et unimodales		
CEI 60793-1-C1A CEI 60793-1-C1B CEI 60793-1-C1C	Méthode de la fibre coupée Méthode des pertes d'insertion Technique de rétrodiffusion	Affaiblissement
CEI 60793-1-A1A CEI 60793-1-A1B CEI 60793-1-A2	Champ proche réfracté Interférométrie transversale Répartition de la lumière en champ proche	Profil d'indice de réfraction
CEI 60793-1-C1C	Technique de rétrodiffusion	Défauts ponctuels
CEI 60793-1-C4 CEI 60793-1-C1C	Energie lumineuse transmise ou rayonnée Technique de rétrodiffusion	Continuité optique
CEI 60793-1-C5A CEI 60793-1-C5B	Méthode de déphasage Méthode du temps de propagation de groupe dans le domaine temporel	Dispersion chromatique
CEI 60793-1-C10A CEI 60793-1-C10B	Contrôle en puissance transmise Contrôle en rétrodiffusion	Modification de la transmission optique durant les essais mécaniques et d'environnement
Méthodes d'essai pour les fibres multimodales		
CEI 60793-1-C2A CEI 60793-1-C2B	Réponse impulsionnelle Réponse fréquentielle	Largeur de bande
CEI 60793-1-C6	Répartition de la lumière en champ lointain	Ouverture numérique
Méthodes d'essai pour les fibres unimodales		
CEI 60793-1-C3A CEI 60793-1-C3B	Tambour expansible Tambour à diamètre fixe	Sensibilité aux microcourbures
CEI 60793-1-C11	Sensibilité aux macrocourbures	Sensibilité aux macrocourbures
CEI 60793-1-C5C CEI 60793-1-C5D	Déphasage différentiel Interférométrie *	Dispersion chromatique
CEI 60793-1-C7A CEI 60793-1-C7B	Longueur d'onde de coupure Longueur d'onde de coupure de câble (longueur d'onde de coupure de câble de connexion)*	Longueur d'onde de coupure d'une fibre Longueur d'onde de coupure d'une fibre câblée
CEI 60793-1-C9A CEI 60793-1-C9B CEI 60793-1-C9C	Exploration directe du champ lointain Technique de l'ouverture variable en champ lointain Exploration en champ proche	Diamètre du champ de mode

* A l'étude.

11 Measuring methods for transmission and optical characteristics

The transmission and optical characteristics of optical fibre in cables shall be verified by carrying out selected tests from those shown in table 4. The tests applied and acceptance criteria shall be as specified in the detail specification.

Table 4 – Transmission and optical characteristics of optical fibres

Test method	Test	Characteristics covered by the test method
Test methods of multimode and single-mode fibres		
IEC 60793-1-C1A	Cut-back technique	Attenuation
IEC 60793-1-C1B	Insertion loss technique	
IEC 60793-1-C1C	Backscattering technique	
IEC 60793-1-A1A	Refracted near-field method	Refractive index profile
IEC 60793-1-A1B	Transverse interference method	
IEC 60793-1-A2	Near-field light distribution	
IEC 60793-1-C1C	Backscattering technique	Point defects
IEC 60793-1-C4	Transmitted or radiated light power	Optical continuity
IEC 60793-1-C1C	Backscattering technique	
IEC 60793-1-C5A	Phase-shift method	Chromatic dispersion
IEC 60793-1-C5B	Spectral group delay measurement in the time domain	
IEC 60793-1-C10A	Transmitted power monitoring	Change of optical transmittance during mechanical and environmental tests
IEC 60793-1-C10B	Backscattering monitoring	
Test methods of multimode fibres		
IEC 60793-1-C2A	Impulse response	Bandwidth
IEC 60793-1-C2B	Frequency response	
IEC 60793-1-C6	Far-field light distribution	Numerical aperture
Test methods of single-mode fibres		
IEC 60793-1-C3A	Expandable drum	Microbending sensitivity
IEC 60793-1-C3B	Fixed diameter drum	
IEC 60793-1-C11	Macrobending sensitivity	Macrobending sensitivity
IEC 60793-1-C5C	Differential phase shift	Chromatic dispersion
IEC 60793-1-C5D	Interferometry *	
IEC 60793-1-C7A	Cut-off wavelength	Fibre cut-off wavelength
IEC 60793-1-C7B	Cable cut-off wavelength (jumper cable cut-off wavelength) *	Cabled fibre cut-off wavelength
IEC 60793-1-C9A	Direct far-field scan	Mode field diameter
IEC 60793-1-C9B	Variable aperture in the far field	
IEC 60793-1-C9C	Near-field scan	
* Under consideration.		

12 Méthodes de mesure relatives aux caractéristiques environnementales

L'aptitude des câbles à fibres optiques à satisfaire aux conditions environnementales sans détérioration de leurs propriétés mécaniques et optiques doit être vérifiée en soumettant les échantillons à des essais choisis dans le tableau 5. Les essais appliqués, les températures et les conditions qui s'y rapportent, le nombre d'échantillons et les critères d'acceptation doivent être ceux indiqués dans la spécification particulière.

Tableau 5 – Méthodes de mesure relatives aux caractéristiques environnementales

Méthodes d'essai	Essais	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
CEI 60331 CEI 60332-1; CEI 60332-3 CEI 60754-1; CEI 60754-2 CEI 61034-1; CEI 61034-2	Tenue au feu	Comportement d'un câble soumis au feu
CEI 60794-1-2-F1	Cycles de température	Comportement climatique
CEI 60794-1-2-F3 *	Intégrité de la gaine	Défauts de la gaine
CEI 60794-1-2-F5	Pénétration d'eau	Résistance à la pénétration d'eau
CEI 60794-1-2-F7	Rayonnement nucléaire	Résistance aux rayonnements nucléaires
CEI 60794-1-2-F8	Résistance pneumatique	Pression gazeuse
CEI 60794-1-2-F9 *	Vieillessement	Exposition à l'environnement
CEI 60794-1-2-E5	Stabilité de la force de dénudage des fibres optiques câblées	Dénudage de fibre
* A l'étude.		

13 Méthodes de mesure relatives à la caractérisation des éléments de câbles

Les essais indiqués au tableau 6 sont destinés à donner les caractéristiques des différents types d'éléments de câble pour la réalisation des épissures.

Tableau 6 – Méthodes de mesure relatives à la caractérisation des éléments de câbles

Méthodes d'essai	Essais	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
CEI 60794-1-2-G1 CEI 60794-1-2-G2 CEI 60794-1-2-G3 CEI 60794-1-2-G4 CEI 60794-1-2-G5 CEI 60794-1-2-G6 CEI 60794-1-2-G7	Pliage des éléments de câble Dimensions et géométrie du ruban – méthode visuelle Dimensions du ruban – gabarit Dimensions du ruban – comparateur Déchirure longitudinale du ruban (séparabilité) Torsion du ruban Pliure du tube	Epissures

12 Measuring methods for environmental characteristics

The ability of optical fibre cables to meet environmental requirements without deterioration of their mechanical or optical properties shall be verified by subjecting samples to tests selected from table 5. The tests applied, the relevant temperatures and conditions, the number of samples and acceptance criteria shall be as stated in the detail specification.

Table 5 – Measuring methods for environmental characteristics

Test method	Test	Characteristics covered by test method
IEC 60331 IEC 60332-1; IEC 60332-3 IEC 60754-1; IEC 60754-2 IEC 61034-1; IEC 61034-2	Fire performance	Cable performance under fire conditions
IEC 60794-1-2-F1	Temperature cycling	Climatic characteristics
IEC 60794-1-2-F3 *	Sheath integrity	Sheath defects
IEC 60794-1-2-F5	Water penetration	Resistance to water penetration
IEC 60794-1-2-F7	Nuclear radiation	Resistance to nuclear radiation
IEC 60794-1-2-F8	Pneumatic resistance	Gas pressurization
IEC 60794-1-2-F9 *	Ageing	Environmental exposure
IEC 60794-1-2-E5	Stripping force stability of cabled optical fibres	Fibre stripping
* Under consideration.		

13 Measuring methods for cable element characterization

The tests shown in table 6 are intended to characterize the different types of cable elements for splicing purposes.

Table 6 – Measuring methods for cable element characterization

Test method	Test	Characteristics covered by the test method
IEC 60794-1-2-G1 IEC 60794-1-2-G2 IEC 60794-1-2-G3 IEC 60794-1-2-G4 IEC 60794-1-2-G5 IEC 60794-1-2-G6 IEC 60794-1-2-G7	Bend test for cable element Ribbon dimensions and geometry – visual method Ribbon dimensions – aperture gauge Ribbon dimensions – dial gauge Ribbon tear (separability) Ribbon torsion Tube kinking	Splicing

Annexe A (informative)

Guide pour les câbles à fibres optiques pour liaisons à courtes distances

A.1 Généralités

A.1.1 Objet

La présente annexe est destinée à fournir des informations complémentaires concernant les câbles à fibres optiques utilisés dans des liaisons à courtes distances dans les systèmes de communication. Elle permet d'établir des exigences communes concernant les propriétés géométriques, optiques, de transmission, mécaniques et environnementales des câbles à fibres optiques.

A.1.2 Catégories de fibres optiques

Les câbles à fibres optiques utilisés dans des liaisons de courtes distances doivent être équipés des fibres optiques suivantes:

- a) catégorie A2: pour des distances allant de plusieurs centaines de mètres jusqu'à 2 km;
- b) catégorie A3: pour des distances allant de quelques centaines de mètres jusqu'à 1 km;
- c) catégorie A4: pour des distances allant jusqu'à 100 m.

Les caractéristiques des fibres optiques utilisées doivent être spécifiées comme indiqué dans la spécification de produit appropriée.

A.2 Méthodes de mesure des dimensions

NOTE Il convient que les mesures des dimensions des fibres optiques soient faites selon les méthodes définies dans la CEI 60793-1-2.

A.2.1 Méthodes de mesure du diamètre

Les méthodes de mesure des dimensions du diamètre sont données dans le tableau 1 de la présente norme et sont applicables aux câbles à fibres optiques pour liaisons de courtes distances.

A.2.2 Mesure de la longueur

La présente norme spécifie deux types de mesures de la longueur: soit mécanique, soit par retard d'impulsions transmises et/ou réfléchies, comme spécifié dans la CEI 60793-1-2.

Dans le cas de la mesure du câble sur couronne ou sur bobine, la seconde méthode (CEI 60793-1-A6) peut être utilisée. Par exemple, actuellement, un échomètre de haute résolution ou un réflectomètre optique bien étalonné permet d'obtenir une précision de quelques centimètres sur des longueurs de 100 m.

Annex A (informative)

Guide for optical cables for short distance links

A.1 General

A.1.1 Object

This annex provides additional guidance relating to optical fibre cables for use in short distance links in communication equipment. It allows the establishment of uniform requirements for the geometrical, optical, transmission, mechanical and environmental properties of optical fibre cables.

A.1.2 Optical fibre categories

Optical fibre cables used in short distance links shall be equipped with the following optical fibres:

- a) A2 category: for distances of several hundred metres up to 2 km;
- b) A3 category: for distances of a few hundred metres up to 1 km;
- c) A4 category: for distances up to 100 m.

The characteristics of the optical fibres used shall be specified as stated in the relevant product specification.

A.2 Measuring methods for dimensions

NOTE Measurements for optical fibre dimensions should be carried out using the methods specified in IEC 60793-1-2.

A.2.1 Diameter measuring method

The measuring methods for diameter dimensions are given in table 1 of this standard and are applicable for optical fibre cables for short distance links.

A.2.2 Length measurement

This standard specifies two types of length measurements: either by mechanical means or by delay of transmitted and/or reflected pulses, as specified in IEC 60793-1-2.

In the case of cable measurement on coil or reel, the second method (IEC 60793-1-A6) can be used. Currently, a well-calibrated high resolution echometer or OTDR (optical time domain reflectometer) would allow a precision of a few centimetres over a length of 100 m to be reached, for example.

A.3 Méthodes de mesure des caractéristiques mécaniques

Quand le câble est destiné à être utilisé sans connecteurs aux extrémités, les essais décrits dans la présente norme sont applicables.

Quand le câble est destiné à être utilisé avec des connecteurs aux extrémités, les essais sont uniquement effectués sur le câble, les essais combinés sur l'ensemble câble et connecteur étant réalisés selon la CEI 61300.

A.3.1 Méthodes de mesure des caractéristiques mécaniques des câbles

- Résistance à la traction (CEI 60794-1-2-E1)
- Abrasion (CEI 60794-1-2-E2)
- Ecrasement (CEI 60794-1-2-E3)
- Chocs (CEI 60794-1-2-E4)
- Stabilité de la force de dénudage (CEI 60794-1-2-E5)
- Courbures répétées (CEI 60794-1-2-E6)
- Torsion (CEI 60794-1-2-E7)
- Flexions (CEI 60794-1-2-E8)
- Pliure (CEI 60794-1-2-E10)
- Pliage (CEI 60794-1-2-E11)

A.3.2 Méthodes de mesure des caractéristiques mécaniques du connecteur

- Examen visuel (CEI 61300-3-1)
- Impact (CEI 61300-2-12)
- Forces d'accouplement et de désaccouplement (CEI 61300-3-11)
- Durabilité de l'accouplement (CEI 61300-2-2)
- Vibrations (CEI 61300-2-1)
- Robustesse du mécanisme d'accouplement (CEI 61300-2-6)
- Rétention de la fibre et du câble (CEI 61300-2-4)
- Torsion/rotation (CEI 61300-2-5)

A.4 Méthode de mesure des caractéristiques optiques et de transmission

A.4.1 Affaiblissement

La technique de la fibre coupée avec des conditions d'injection modifiées, décrite dans la note ci-après, donne des résultats précis avec des fibres pour courtes distances.

Cependant, dans le cas de la mesure d'une courte longueur de fibre ou de câble, on ne peut négliger la contribution de l'erreur de mesure car l'affaiblissement d'une courte longueur de fibre ou de câble devient très proche de l'erreur de mesure.

La méthode des pertes d'insertion peut être utilisée lorsque la recherche de la précision n'est pas prédominante.

A.3 Measuring methods for mechanical characteristics

When the cable is to be used without end connectors, the tests described in this standard are applicable.

When the cable is to be used with end connectors, tests are applied on the cable only and the combined tests on cable plus connector assembly are carried out according to IEC 61300.

A.3.1 Measuring methods for cable mechanical characteristics

- Tensile performance (IEC 60794-1-2-E1)
- Abrasion (IEC 60794-1-2-E2)
- Crush (IEC 60794-1-2-E3)
- Impact (IEC 60794-1-2-E4)
- Stripping force stability (IEC 60794-1-2-E5)
- Repeated bending (IEC 60794-1-2-E6)
- Torsion (IEC 60794-1-2-E7)
- Flexing (IEC 60794-1-2-E8)
- Kink (IEC 60794-1-2-E10)
- Bend (IEC 60794-1-2-E11)

A.3.2 Measuring methods for connector mechanical characteristics

- Visual examination (IEC 61300-3-1)
- Impact (IEC 61300-2-12)
- Engagement and separation forces (IEC 61300-3-11)
- Mating durability (IEC 61300-2-2)
- Vibration (IEC 61300-2-1)
- Tensile strength of coupling mechanism (IEC 61300-2-6)
- Fibre/cable retention (IEC 61300-2-4)
- Torsion/twist (IEC 61300-2-5)

A.4 Measuring methods for transmission and optical characteristics

A.4.1 Attenuation

The cut-back technique with modified launching conditions described in the note below gives accurate results on short-length fibres.

However, in the case of short fibre or cable measurement, the contribution of measurement error cannot be ignored because short fibre or cable loss is very close to the measurement error.

The insertion loss method can be used where accuracy is not important.

Les techniques de rétrodiffusion haute résolution décrites dans la méthode CEI 60793-1-C1C peuvent convenir pour les fibres de catégories A2, A3 et A4.

NOTE Non-répartition à l'état stable:

Dans les cas où les longueurs de fibre sont telles que la répartition à l'état stable des modes n'est pas atteinte, des conditions d'injection différentes de celles de l'état stable sont appropriées. Dans tous les cas, lorsque les conditions d'injection diffèrent sensiblement de celles de l'état stable sur la longueur de fibre à mesurer, il n'est pas possible d'obtenir des valeurs de coefficient d'affaiblissement, c'est-à-dire que la distribution en puissance n'est pas indépendante de la longueur de la fibre. La mesure de l'affaiblissement dans des conditions particulières peut être spécifiée. Dans ce cas, il convient de mentionner les conditions, par exemple:

- a) longueur d'onde de la source;
- b) largeur spectrale;
- c) diagramme de rayonnement;
- d) longueur de la fibre en essai;
- e) couplage entre la source et la fibre en essai;
- f) des conditions d'injection spécifiques peuvent être nécessaires pour des mesures autres que l'affaiblissement, par exemple les conditions d'injection à saturation décrites en 13.1 de la CEI 60793-1-4.

Il est recommandé d'utiliser:

- une ouverture numérique d'injection égale ou légèrement supérieure à la valeur théorique maximale de l'ouverture numérique de la fibre à mesurer;
- une tache d'injection égale ou légèrement supérieure au diamètre du cœur de la fibre à mesurer.

Un arrangement d'injection générique pour réaliser l'injection dans une fibre à courte distance est décrit en A.4.2.

A.4.2 Conditions d'injection

Etant donné que la reproductibilité des mesures de l'ouverture numérique et de l'affaiblissement des fibres à saut d'indice est critique, une description très précise du montage d'essai d'injection est nécessaire. Un tel montage peut être réalisé à l'aide de composants optiques disponibles dans le commerce; il doit être en mesure d'assurer une large gamme de tailles de taches lumineuses et d'ouvertures numériques d'injection de manière à convenir pour tous les types de fibres.

A.4.2.1 Description

Le montage d'essai génère l'image de la source à l'extrémité d'entrée de la fibre en essai. Le diamètre de la tache lumineuse et l'angle maximal du rayon lumineux à l'extrémité d'entrée de la fibre sont respectivement contrôlés par les diaphragmes réglables 7 et 11 (figure A.1).

La taille réelle de la tache lumineuse peut être déterminée sur l'écran vidéo grâce au rayonnement lumineux réfléchi en provenance de l'extrémité de la fibre et du séparateur de faisceaux 8 (il est donc possible d'aligner le centre de la tache lumineuse sur le centre du cœur de la fibre). Selon la distance qui sépare le diaphragme 11 de l'extrémité de la fibre, le diaphragme est réglé de manière à obtenir l'angle d'injection maximal requis. Une fois cette distance fixée, sa reproductibilité est facilement obtenue car l'extrémité de la fibre est nécessairement positionnée pour être nette sur l'écran vidéo.

Pour une fibre de catégorie A4, afin d'obtenir une mesure de l'affaiblissement indépendante de la longueur, il est recommandé de placer un embrouilleur de modes (se reporter à la figure A.2 et au tableau A.1) entre la fibre à mesurer et le diaphragme 11; il convient également de retirer les composants optiques 4, 6 à 9, 13 et 15 du montage d'essai. Il convient que la taille de la tache soit supérieure ou égale à la dimension du cœur de la fibre et que l'ouverture numérique d'injection soit supérieure ou égale à l'ouverture numérique théorique maximale de la fibre à mesurer. Pour les mesures de l'ouverture numérique, des études supplémentaires sont nécessaires.

The high resolution backscattering technique as described in method IEC 60793-1-C1C may be suitable for A2, A3 and A4 category fibres.

NOTE Non steady-state distribution:

In cases where fibre lengths are such that steady-state distribution is not achieved, launching conditions different from steady-state distribution are appropriate. In every case, where launching conditions are substantially different from steady-state conditions over the length of fibre to be measured, it is not possible to obtain attenuation coefficient values, i.e. the power distribution is not length independent. The measurement of the attenuation value under particular conditions can be specified. In this case, the conditions should be reported, for example:

- a) wavelength of the source;
- b) spectral width;
- c) radiation diagram;
- d) length of fibre under test;
- e) coupling between source and fibre under test;
- f) specific launching conditions may be needed for other than attenuation measurements, for example full launch conditions as in 13.1 of IEC 60793-1-4.

It is recommended to use:

- a launching numerical aperture equal to or slightly greater than the maximum theoretical numerical aperture of the fibre under test,
- a launching light spot equal to or slightly greater than the core diameter of the fibre under test.

A generic launching arrangement to achieve the launching in short distance fibre is described in A.4.2.

A.4.2 Launching conditions

As the reproducibility of the numerical aperture (NA) and attenuation measurements of step index fibres is critical, a well-defined launching set-up is necessary. Such a set-up can be achieved by using commercially available optical components and shall have the capability of providing a wide range of spot sizes and launching NAs so as to cater for all types of fibres.

A.4.2.1 Description

The set-up produces the image of the source at the input end of the fibre under test. The diameter of the light spot and the maximum angle of the incident light at the input fibre end are respectively regulated by adjustable diaphragms 7 and 11 (figure A.1).

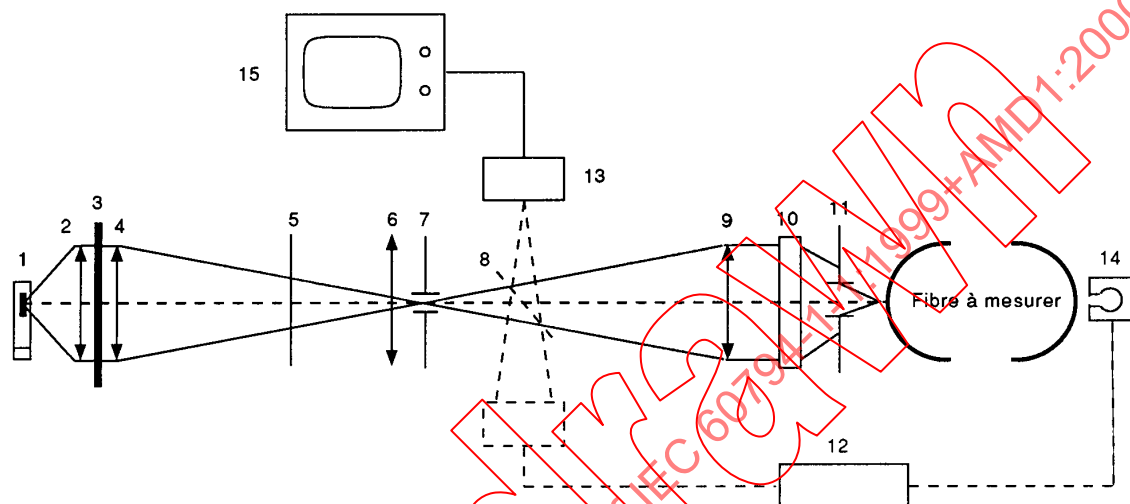
The actual spot size can be determined by the video screen using the reflected light from the fibre end and the beam splitter 8 (it is thus possible to align the centre of the light spot onto the centre of the fibre core). Depending on the distance between the diaphragm 11 and the fibre end, the diaphragm is adjusted so as to obtain the desired maximum launching angle. Once this distance is fixed, its reproducibility is easily obtained because the fibre end has to be in focus on the video screen.

For A4 fibre, in order to obtain attenuation measurement without length dependence, it is recommended that a mode scrambler (see figure A.2 and table A.1) be placed between the fibre to be measured and the diaphragm 11, and optical components 4, 6 to 9, 13, and 15 should be removed from the set-up. The spot size should be greater than or equal to fibre core size and the launching NA greater than or equal to the maximum theoretical NA of the fibre to be measured. For numerical aperture measurements, further studies are needed.

A.4.2.2 Conditions d'essai

Pour obtenir des valeurs reproductibles de l'ouverture numérique et de l'affaiblissement, il est nécessaire de spécifier ce qui suit:

- la taille de la tache lumineuse (pourcentage du diamètre du cœur de la fibre);
- l'ouverture numérique d'injection (pourcentage de l'ouverture numérique théorique de la fibre);
- les dimensions et le nombre de tours de l'embrouilleur de modes, si nécessaire.

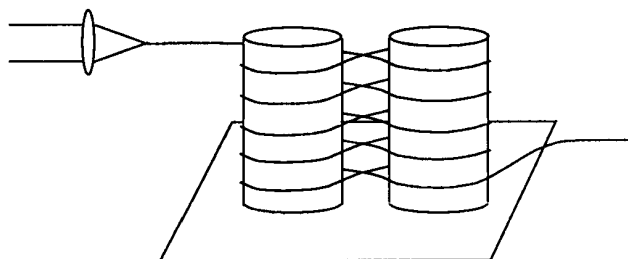


IEC 350/99

Légende

- | | |
|--|---|
| 1 Source (par exemple ampoule de 100 W) | 9 Lentille (par exemple $\varnothing = 50,8$ mm, $F = 55$ mm) |
| 2 Lentille (par exemple $\varnothing = 50,8$ mm, $F = 76,2$ mm) | 10 Objectif (par exemple $F = 59 - 10,95$) |
| 3 Filtre (par exemple $\varnothing = 50,8$ mm, $\lambda = 850$ nm ± 50 nm) | 11 Diaphragme à champ réglable |
| 4 Lentille (par exemple $\varnothing = 50,8$ mm, $F = 76,2$ mm) | 12 Radiomètre |
| 5 Hacheur | 13 Contrôle vidéo |
| 6 Lentille (par exemple $\varnothing = 50,8$ mm, $F = 125$ mm) | 14 Détecteur |
| 7 Diaphragme à champ réglable | 15 Ecran vidéo |
| 8 Séparateur de faisceau | |

Figure A.1 – Montage d'essai d'injection



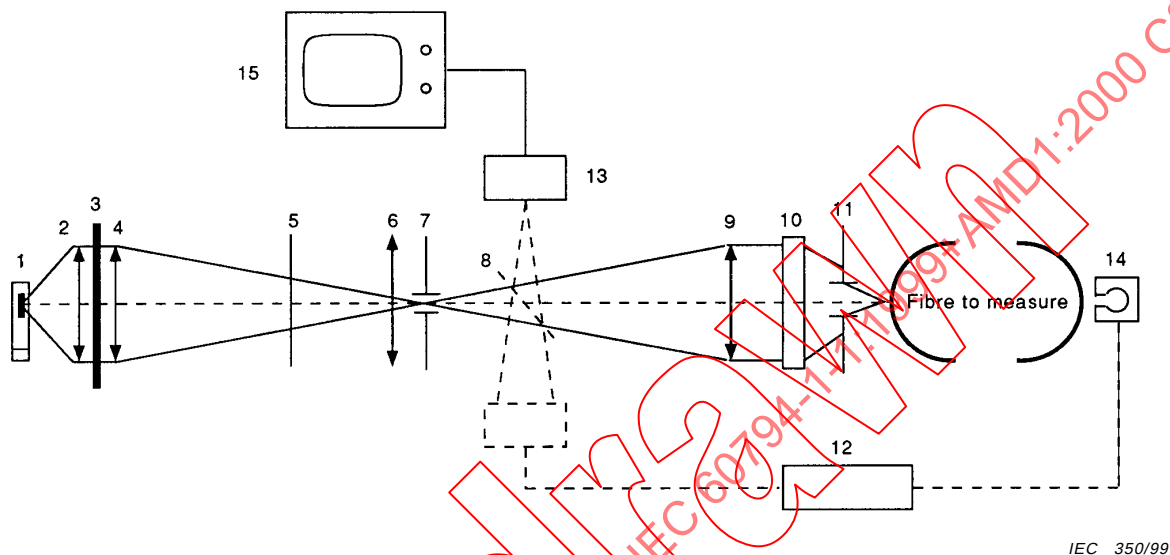
IEC 351/99

Figure A.2 – Embrouilleur de modes

A.4.2.2 Test conditions

To obtain reproducible NA and attenuation values, it is necessary to specify the following:

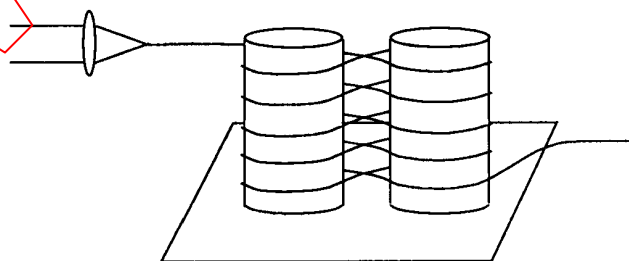
- spot size (percentage of the fibre core diameter);
- launching NA (percentage of the theoretical NA of the fibre);
- dimensions and number of turns of the mode scrambler, where appropriate.



Key

- | | |
|---|--|
| 1 Source (e.g. stip bulb 100 W) | 9 Lens (e.g. $\varnothing = 50,8$ mm, $F = 55$ mm) |
| 2 Lens (e.g. $\varnothing = 50,8$ mm, $F = 76,2$ mm) | 10 Objective (e.g. $F = 59 - 10,95$) |
| 3 Filter (e.g. $\varnothing = 50,8$ mm, $\lambda = 850$ nm $\pm$ 50 nm) | 11 Adjustable field diaphragm |
| 4 Lens (e.g. $\varnothing = 50,8$ mm, $F = 76,2$ mm) | 12 Radiometer |
| 5 Chopper | 13 Video monitoring |
| 6 Lens (e.g. $\varnothing = 50,8$ mm, $F = 125$ mm) | 14 Detector |
| 7 Adjustable field diaphragm | 15 Video screen |
| 8 Beam splitter | |

Figure A.1 – Launching set-up



IEC 351/99

Figure A.2 – Mode scrambler

Tableau A.1 – Paramètres de l'embrouilleur de modes pour l'essai d'injection

Diamètre de la fibre mm	Longueur de la fibre m	Diamètre des cylindres mm	Distance entre les deux cylindres mm	Nombre de tours en «8»
1,00	20	42	3	10
0,75	15	35	3	20
0,50	10	32	2	40

A.4.3 Réponse en bande de base

En ce qui concerne les largeurs de bande, les méthodes par impulsions ont été utilisées pour les mesures sur de courtes longueurs de fibres de catégorie A4.

Des mesures identiques pour les fibres A2 et A3 feront l'objet d'études supplémentaires.

A.4.4 Continuité optique

Pour les deux méthodes indiquées au tableau 3, il est recommandé d'utiliser la méthode d'énergie transmise ou rayonnée pour les fibres de courtes distances (CEI 60793-1-C4).

A.4.5 Ouverture numérique

Il est recommandé d'utiliser la méthode de répartition de la lumière en champ lointain (CEI 60793-1-C6) avec les conditions d'injection modifiées proposées dans la mesure de l'affaiblissement.

A.5 Méthodes de mesure des caractéristiques environnementales

A.5.1 Généralités

Quand le câble est destiné à être utilisé *sans* connecteurs aux extrémités, les essais décrits dans la présente norme sont applicables.

Quand le câble est destiné à être utilisé *avec* des connecteurs aux extrémités, les essais sont applicables au câble seul, et les essais combinés sur l'ensemble câble et connecteur sont effectués selon la CEI 60874-1.

A.5.2 Gamme des températures de fonctionnement

Les gammes de température rencontrées habituellement sont les suivantes:

- de –40 °C à +65 °C (applications terrestres);
- de –55 °C à +85 °C (avions civils);
- de –55 °C à +125 °C (câbles militaires);
- de –55 °C à +260 °C (câbles aéronautiques).

Des revêtements de fibre primaires appropriés doivent être utilisés.

Table A.1 – Mode scrambler parameters for launch test

Fibre diameter mm	Fibre length m	Diameter of cylinders mm	Distance between these two cylinders mm	Number of "figure 8" turns
1,00	20	42	3	10
0,75	15	35	3	20
0,50	10	32	2	40

A.4.3 Baseband response

As far as bandwidths are concerned, measurements by impulse techniques have been made on short lengths of A4 fibre.

Similar measurements for A2 and A3 fibres will be studied later.

A.4.4 Optical continuity

For both methods mentioned in table 3, it is recommended to use the transmitted or radiated light power method for short length fibres (IEC 60793-1-C4).

A.4.5 Numerical aperture (NA)

It is recommended to use the far field distribution method (IEC 60793-1-C6) with the modified launching conditions proposed for the attenuation measurement.

A.5 Measuring methods for environmental characteristics**A.5.1 General**

When the cable is to be used *without* end connectors, the tests described in this standard are applicable.

When the cable is to be used *with* end connectors, tests are applied on the cable only and the combined tests on cable plus connector assembly are carried out according to IEC 60874-1.

A.5.2 Operating temperature range

The usual temperature ranges encountered are as follows:

- from –40 °C to +65 °C (terrestrial applications);
- from –55 °C to +85 °C (civil aircraft);
- from –55 °C to +125 °C (military cables);
- from –55 °C to +260 °C (aeronautic cables).

Appropriate fibre coatings shall be used.

A.5.3 Méthodes de mesure sur les câbles

- Cycles de température (CEI 60794-1-2-F1)
- Essai de tenue au feu (CEI 60331, CEI 60332-1 et 60332-3, CEI 60754-1 et 60754-2 et CEI 61034-1 et 61034-2)
- Intégrité de la gaine (CEI 60794-1-2-F3)
- Pénétration d'eau (CEI 60794-1-2-F5)
- Rayonnement nucléaire (CEI 60794-1-2-F7)

A.5.4 Méthodes de mesure sur les connecteurs

- Séquence climatique (CEI 60874-1, 4.5.20)
- Brouillard salin (CEI 60874-1, 4.5.26, uniquement pour les connecteurs à parties métalliques)

A.6 Document de référence

CEI 60794-2:1989, *Câbles à fibres optiques – Deuxième partie: Spécifications de produit*

A.5.3 Measuring methods for cables

- Temperature cycling (IEC 60794-1-2-F1)
- Fire conditions (IEC 60331, IEC 60332-1 and 60332-3, IEC 60754-1 and 60754-2, and IEC 61034-1 and 61034-2)
- Sheath integrity (IEC 60794-1-2-F3)
- Water penetration (IEC 60794-1-2-F5)
- Nuclear radiation (IEC 60794-1-2-F7).

A.5.4 Measuring methods for connectors

- Climatic sequence (IEC 60874-1, 4.5.20)
- Salt mist (IEC 60874-1, 4.5.26, only for connectors with metallic parts)

A.6 Reference document

IEC 60794-2:1989, *Optical fibre cables – Part 2: Product specifications*

Annexe B (informative)

Guide pour l'approvisionnement en câbles à fibres optiques

B.1 Généralités

L'approvisionnement comprend le processus complet par lequel un acheteur peut acquérir des câbles à fibres optiques pour un projet particulier. Ce processus inclut la planification, la sélection d'un produit et de son fournisseur, la cotation, la mise au point des modalités, la préparation d'un contrat ou bon de commande adapté, la fixation des modalités de livraison et d'acceptation, la résolution des problèmes et des réclamations qui pourraient être associés à de telles transactions, ainsi que l'assurance de la qualité.

Il est souhaitable que le processus d'approvisionnement remplisse aussi une fonction de service, contribuant à une réduction des coûts même si des profits ne sont pas directement générés, et qu'il fournisse les perspectives, à la fois à long et à court terme, compatibles avec les exigences du projet en regard des changements de la technologie, des conditions d'approvisionnement et du marché. Il peut contribuer de façon significative à la fourniture d'informations prévisionnelles et de planification à ceux qui développent le produit et le marché en termes de disponibilité de matériel, durée de vie, nouvelles sources d'approvisionnement et innovations technologiques.

La présente annexe traite des méthodes et procédures utiles pour l'approvisionnement en câbles à fibres optiques et s'applique aux procédures d'approvisionnement en général. Toutes les méthodes et procédures décrites peuvent ne pas s'appliquer dans tous les cas. Différents acheteurs peuvent moduler l'importance et le coût des procédures d'essais du produit et de qualification du vendeur en regard du volume de leurs achats et des ressources disponibles.

B.2 Etapes de l'approvisionnement

Les étapes suivantes de l'approvisionnement fournissent un schéma typique pour l'approvisionnement en câbles à fibres optiques, et elles décrivent comment utiliser la liste de contrôle ci-après.

B.2.1 Critères de l'organisation du projet

La première étape du processus est l'établissement des critères pour l'achat du câble à fibres optiques et la recherche d'informations préliminaires.

B.2.1.1 Normes des câbles à fibres optiques

Dans la mesure du possible, il convient que la spécification du produit voulu se réfère aux normes existantes au niveau régional, national ou international. Si aucune norme n'est disponible, la liste de contrôle des tableaux B.1 à B.6 pourra être utilisée pour l'établissement d'une spécification d'achat appropriée.

B.2.1.2 Demande d'information

Des informations détaillées concernant les caractéristiques et les paramètres spécifiques des produits de différents vendeurs pourront être obtenues en soumettant une demande d'information aux vendeurs potentiels. Dans la demande d'information, le client peut donner au fabricant, en vue d'une réponse exacte, un bref aperçu de l'usage prévu et les points essentiels des besoins.

Annex B (informative)

Guide to the procurement of optical fibre cables

B.1 General

Procurement includes the entire process by which a purchaser can obtain optical fibre cables for a particular project. This process includes planning, selecting a product and vendor, pricing, arranging terms and conditions, issuing a proper contract or purchase order, ensuring timely delivery and acceptance, resolving problems and claims associated with such transactions, and quality assurance.

The procurement process should also perform a service function, aiding in cost reductions, even though it does not directly generate revenues. It should provide both long- and short-range plans which meet the needs of the project in view of changes in technology, supply situations and market conditions. Procurement can make significant contributions by providing forecasting and planning information to product and market developers in terms of material availability, lead times, new sources of supply and technological innovations.

This annex is concerned with methods and procedures that are useful for the procurement of optical fibre cables and is intended to apply to the procurement process in general. All of the methods and procedures described may not be applicable to every purchasing case. Different purchasers will balance the size and cost of vendor qualification and product testing processes against the volume of their purchases and available resources.

B.2 Procurement steps

The following procurement steps are included to provide a typical procurement cycle for optical fibre cables and to describe how the attached checklist is intended to be used.

B.2.1 Planning criteria

The first step in the process is establishing the criteria for the procurement of optical fibre cables and seeking preliminary information.

B.2.1.1 Optical fibre cable standards

Wherever possible, the product specification to be agreed upon should refer to published local, national or international standards. Where none exists, the checklist shown in tables B.1 to B.6 may be used to develop an appropriate procurement specification.

B.2.1.2 Request for information (RFI)

Detailed information concerning specific parameters and features of the different vendor's products can be obtained by submitting an RFI to potential vendors. In the RFI the customer may give a brief account of the intended usage and key points of requirements as a reference to manufacturers for exact response.

La demande d'information constitue souvent une étape préliminaire dans l'élaboration de la spécification d'achat mais n'est pas une procédure absolument nécessaire lorsque le client possède déjà suffisamment d'informations techniques et commerciales sur certains vendeurs. Dans ce cas, la demande d'information peut être simplifiée. Il est recommandé que la partie de la demande d'information consacrée à la spécification contienne une vue d'ensemble du projet à réaliser et spécifie seulement les clauses et paramètres absolument nécessaires.

B.2.1.3 Demande de chiffrage

La recherche et le choix de fournisseurs qualifiés viennent après la demande d'information et constituent le point clé du processus d'approvisionnement. Pour ce faire, des réponses à la demande d'information viendront de vendeurs potentiels. L'information reçue donnera lieu à des dialogues complémentaires avec les vendeurs potentiels qui aboutiront finalement à la spécification d'achat. Une fois cette spécification approuvée, une demande de chiffrage sera émise afin de choisir la meilleure source possible d'approvisionnement en câbles à fibres optiques.

B.2.2 Critères d'achat et d'évaluation

L'évaluation des cotations inclura non seulement les prix, mais aussi des facteurs tels que livraison, modalités, services, coûts de transport, situation financière du vendeur, formation ainsi qu'évaluation qualité du vendeur.

B.2.3 Contrats et commandes

La décision d'achat se traduit habituellement par l'émission d'une commande ou l'établissement d'un contrat. Le contenu peut varier de façon à obtenir les conditions d'achat les plus favorables.

B.2.4 Assurance qualité et fiabilité

La responsabilité première de fabriquer des produits qui satisfont aux besoins de l'acheteur incombe en fin de compte au fabricant. L'aptitude d'un fabricant à assumer cette responsabilité dépend de l'existence d'un système adéquat de gestion de la qualité comprenant l'aptitude à concevoir des câbles conformes à toutes les exigences fonctionnelles et d'un programme approprié de surveillance des méthodes et des produits lors de la fabrication.

B.2.5 Contrôle de réception

Il est nécessaire qu'un programme d'essais minimal acceptable soit défini entre le fournisseur et le client au moment de la commande. Il convient que les contrôleurs soient bien formés et possèdent l'équipement et les outils appropriés pour donner un jugement.

B.3 Liste de contrôle des exigences applicables aux câbles à fibres optiques

Les tableaux suivants donnent une liste de contrôle facilitant l'établissement d'une spécification d'achat pour les câbles à fibres optiques. Les unités de chaque alinéa se trouvent dans la spécification de produit appropriée pour les fibres et/ou les câbles. Les tableaux peuvent être utilisés lors de la demande d'information, ou lors de la demande de chiffrage ou autres.

Il est à remarquer que tous les paramètres des tableaux suivants ne doivent pas nécessairement être spécifiés. Une spécification surabondante pourrait être coûteuse sans pour autant fournir de valeur complémentaire à l'utilisateur. C'est la raison pour laquelle il est conseillé que les demandes d'information et de chiffrage comprennent suffisamment d'étapes répétitives pour assurer un niveau de performance adéquat au coût le plus bas. La liste de contrôle est la plus exhaustive possible. Lorsque cette liste est adaptée à une application particulière, toutes valeurs ou autres informations non nécessaires aux performances voulues du produit seront à supprimer.

RFI is often a preliminary step in the development of a procurement specification, but it is not an absolutely necessary procedure if the customer already has enough technical and commercial information about certain vendors. In this case the RFI can be simplified, as appropriate. The specification part of the RFI should contain a general statement of the work to be considered and specify only those parameters and requirements that are absolutely necessary.

B.2.1.3 Request for quotation (RFQ)

Seeking and selecting qualified suppliers come after the RFI procedure and are a key aspect in the procurement process. In order to do this, responses to the RFI will come from potential vendors. The information received will result in further dialogue with the potential vendors and, ultimately, in a final procurement specification. Once the final specification has been agreed upon, an RFQ is issued in order to select the best possible source for optical fibre cables.

B.2.2 Purchasing and evaluation criteria

The evaluation of quotations should include consideration not only of price, but also of such factors as delivery, terms and conditions, service, freight costs, vendor's financial position, training and vendor quality rating.

B.2.3 Contracts and purchaser orders

A purchase award is usually made by issuing a contract or purchase order. This may vary in content so as to provide the most favourable conditions for the purchase.

B.2.4 Quality and reliability assurance

The basic responsibility for manufacturing products which conform to the purchaser's needs ultimately resides with the manufacturer. The ability of a manufacturer to meet his responsibility depends on the existence of an adequate quality management system, which includes an ability to design cables to meet all functional requirements, and of an adequate programme for monitoring processes and products during manufacture.

B.2.5 Acceptance measurements

An acceptable minimum testing schedule needs to be agreed upon between manufacturer and customer, and established by the time of the order. All inspectors should be well trained and have the proper tools and equipment with which to make a judgement.

B.3 Optical fibre cable requirement checklist

The following tables offer a checklist to assist in developing a procurement specification for optical fibre cables. The units for each entry will be found in the appropriate product specification for the fibre and/or cable. These tables may be used in the RFI, RFQ, and possibly have other uses.

It should be emphasized that not all items in the following tables have to be specified. Over-specification can be costly and yet not provide any added value to the user. This is why the RFI and RFQ process should include enough repetitive steps to assure proper performance at the lowest practical cost. The checklist contains most items in as comprehensive a form as possible. When customizing this list for a particular application, all values and other information which are not necessary for satisfactory product performance should be deleted.

On peut s'attendre à ce que cette liste évolue vers une spécification d'achat pour un produit particulier.

Tableau B.1 – Liste de contrôle des exigences applicables aux câbles à fibres optiques – Caractéristiques générales

Type de fibre: Nombre de fibres: Applications: En intérieur: En extérieur: Catégorie de fibre: Longueurs d'onde : Gamme de température lors: – du stockage: – de l'installation: – de l'utilisation: Autres commentaires: (Par exemple: nom de l'utilisateur (facultatif))
Structure du câble (à déterminer seulement après l'étude de l'application et des autres exigences) Protection des fibres: – tube libre: – tube serré: – jonc rainuré: – autres commentaires: Code de couleurs: Identification du câble: – nom de l'utilisateur: – nom du fabricant: – type de fibre: – nombre de fibres: – année de fabrication: – marquage de longueur *: Conducteurs métalliques: Protection extérieure/armure: – structure métallique ou non métallique: – structure étanche à la pénétration d'eau: Autres commentaires: * L'origine n'est pas nécessairement zéro.

It is expected that this checklist will evolve into a procurement specification for a particular product.

Table B.1 – Optical fibre cable requirement checklist – General requirements

Fibre type: Number of fibres: Applications: Indoor: Outdoor: Category of fibre: Wavelengths: Temperature range: – storage: – installation: – use: Other comments: (For example: user's name (optional))
Cable construction (to be determined only after study of application and other requirements) Fibre protection: – loose buffer: – tight buffer: – slotted core: – other comments: Colour coding: Cable identification: – user's name: – manufacturer's name: – fibre type: – number of fibres: – year of manufacture: – length marking *: Metallic conductors: Outer protection/armouring: – metallic or non-metallic construction: – waterproof construction: Other comments:
* First number is not necessarily zero.

Tableau B.2 – Liste de contrôle – Caractéristiques dimensionnelles

Catégorie de fibre (voir CEI 60793-1-1, article 3 et CEI 60793-2):			
Spécifications dimensionnelles de la fibre (voir CEI 60793-1-2):			
Paramètres	Exigences/spécification	Méthodes de contrôle	Observations
Diamètre du cœur *			
Diamètre de la gaine optique			
Non-circularité du cœur *			
Non-circularité de la gaine optique			
Erreur de concentricité gaine/cœur *			
Autres paramètres			
Diamètre du revêtement primaire			
Diamètre du revêtement protecteur			
Non-circularité du revêtement primaire			
Longueur du câble et tolérance			
Diamètre des conducteurs électriques			
Epaisseur de l'isolation			
Epaisseur de la gaine			
Diamètre du câble hors tout			
* S'applique seulement aux fibres multimodales (la concentricité du diamètre du champ de mode (et de la gaine optique) pour les fibres unimodales est donnée au tableau B.4b).			

Tableau B.3 – Liste de contrôle – Caractéristiques mécaniques

Paramètres	Exigences/spécification	Méthodes de contrôle	Observations
Effort de traction			
Résistance à l'écrasement			
Résistance aux chocs			
Courbures répétées			
Torsion			
Flexions			
Pliure			
Pliage			
Autres exigences mécaniques			

Table B.2 – Checklist – Dimensional requirements

Category of fibre (see IEC 60793-1-1, clause 3 and IEC 60793-2):			
Fibre dimensional requirements (see IEC 60793-1-2):			
Parameter	Requirements/ specification	Test method	Comments
Core diameter *			
Cladding diameter			
Core non-circularity *			
Cladding non-circularity			
Core/cladding concentricity error *			
Other parameters:			
Coating diameter			
Buffer diameter			
Coating non-circularity			
Length of cable and tolerance			
Diameter of electrical conductor			
Thickness of insulation			
Thickness of sheath			
Overall cable dimension			
* Only applies to multimode fibre (concentricity of mode field diameter (with respect to cladding) of single-mode fibre is given in table B.4b).			

Table B.3 – Checklist – Mechanical requirements

Parameter	Requirements/ specification	Test method	Comments
Tensile strength			
Crush resistance			
Impact resistance			
Repeated bending			
Torsion			
Flexing			
Kink			
Bend			
Other mechanical requirements			

Tableau B.4a – Liste de contrôle – Caractéristiques optiques et de transmission pour les câbles à fibres multimodales

Paramètres	Longueurs d'onde de fonctionnement	Exigences/spécification	Méthodes de contrôle	Observations
Affaiblissement				
Rétrodiffusion				
Réponse en bande de base/bande passante				
Ouverture mécanique				
Dispersion totale				
Autres exigences				

Tableau B.4b – Liste de contrôle – Caractéristiques optiques et de transmission pour les câbles à fibres unimodales

Paramètres	Longueurs d'onde de fonctionnement	Exigences/spécification	Méthodes de contrôle	Observations
Affaiblissement				
Rétrodiffusion				
Diamètre de champ de mode				
Erreur de concentricité champ de mode/gaine optique				
Dispersion chromatique				
Longueur d'onde de coupure				
Autres exigences				

Tableau B.5 – Liste de contrôle – Caractéristiques électriques (uniquement pour câbles mixtes)

Paramètres	Exigences/spécification	Méthodes de contrôle	Observations
Résistance des conducteurs			
Rigidité diélectrique de l'isolant			
Résistance d'isolement			
Autres exigences			

Tableau B.6 – Liste de contrôle – Caractéristiques relatives à l'environnement

Paramètres	Exigences/spécification	Méthodes de contrôle	Observations
Cycles de température			
Tenue au feu			
Intégrité de la gaine			
Pénétration d'eau			
Rayonnement nucléaire			
Autres exigences			

Table B.4a – Checklist – Transmission and optical requirements for multimode fibre in cable

Parameter	Operating wavelength	Requirements/ specification	Test method	Comments
Attenuation				
Backscattering				
Baseband response/bandwidth				
Numerical aperture				
Total dispersion				
Other requirements				

Table B.4b – Checklist – Transmission and optical requirements for single-mode fibre in cable

Parameter	Operating wavelengths	Requirements/ specification	Test method	Comments
Attenuation				
Backscattering				
Mode field diameter (MFD)				
Concentricity error MFD/cladding				
Chromatic dispersion				
Cut-off wavelength				
Other requirements				

Table B.5 – Checklist – Electrical requirements (only required for hybrid cables)

Parameter	Requirements/ specification	Test method	Comments
Conductor resistance			
Dielectric strength of insulation			
Insulation resistance			
Other requirements			

Table B.6 – Checklist – Environmental requirements

Parameter	Requirements/ specification	Test method	Comments
Temperature cycling			
Performance under fire conditions			
Sheath integrity			
Water penetration			
Nuclear radiation			
Other requirements			

Annexe C (informative)

Guide pour l'installation des câbles à fibres optiques

C.1 Généralités

Le câblage à fibres optiques fournit une voie de communication à hautes performances dont les caractéristiques peuvent être dégradées par une installation inadaptée. La présente annexe fournit un guide pour aider l'utilisateur et l'installateur en ce qui concerne les aspects généraux de l'installation des câbles à fibres optiques couverts par la série de spécifications CEI 60794, et les aspects particuliers de la technique de «soufflage».

Les câbles à fibres optiques sont conçus de façon à pouvoir utiliser, dans la mesure du possible, des pratiques et des matériels d'installation classiques. Ils présentent, cependant, une limite de contrainte quelque peu inférieure à celle des câbles à conducteurs métalliques et, dans certaines circonstances, des précautions et des dispositions spéciales peuvent être nécessaires pour garantir une installation réussie.

Il est important de prêter une attention particulière aux recommandations du fabricant de câbles ainsi qu'aux limites physiques indiquées, et de ne pas dépasser la contrainte de traction assignée, indiquée pour un câble particulier. Les dommages provoqués par une surcharge au cours de l'installation sont susceptibles de ne pas être immédiatement apparents, mais peuvent engendrer une défaillance ultérieurement durant la durée de vie du câble.

Le présent guide ne supprime pas les normes et prescriptions correspondantes supplémentaires applicables à certains environnements dangereux, par exemple l'alimentation électrique et les chemins de fer.

C.2 Planification d'installation

C.2.1 Spécification d'installation

L'installation correcte d'un câble à fibres optiques peut être influencée de façon significative par une planification soignée et facilitée par l'élaboration d'une spécification d'installation par l'utilisateur. Il convient de traiter dans la spécification d'installation, de l'infrastructure de câblage, des cheminement des câbles, des dangers potentiels, de l'environnement d'installation et de fournir une liste de matériels et de prescriptions techniques relatives aux câbles, aux connecteurs et aux boîtiers.

Il convient que la spécification d'installation détaille les travaux de génie civil, la préparation du cheminement (y compris chambres de tirage, travaux sur les canalisations, travaux à plat et artères principales) et les études nécessaires, ainsi qu'une indication claire des responsabilités et des interfaces contractuelles, particulièrement s'il existe des limitations de site ou d'accès.

Il convient également d'inclure les prescriptions concernant le réapprovisionnement, les pièces de rechange, les services auxiliaires et les questions de réglementation après l'installation.

C.2.2 Considérations relatives au cheminement

Bien que les câbles à fibres optiques soient plus légers et soient installés sur des sections plus longues que les câbles métalliques classiques, les mêmes principes s'appliquent en ce qui concerne le cheminement.

Annex C (informative)

Guide to the installation of optical fibre cables

C.1 General

Optical fibre cabling provides a high performance communications pathway whose characteristics can be degraded by inadequate installation. This annex provides guidance to assist the user and installer with regard to the general aspects of the installation of optical fibre cables covered by the IEC 60794 series of specifications, and the particular aspects of the "blowing" technique.

Optical fibre cables are designed so that normal installation practices and equipment can be used wherever possible. They do, however, generally have a strain limit rather lower than that of metallic conductor cables and, in some circumstances, special care and arrangements may be needed to ensure successful installation.

It is important to pay particular attention to the cable manufacturer's recommendations and stated physical limitations, and not exceed the given cable tensile load rating for a particular cable. Damage caused by overloading during installation may not be immediately apparent but can lead to failure later in its service life.

This guide does not supersede the additional relevant standards and requirements applicable to certain hazardous environments, e.g. electricity supply and railways.

C.2 Installation planning

C.2.1 Installation specification

The successful installation of an optical fibre cable can be influenced significantly by careful planning and assisted by the preparation of an installation specification by the user. The installation specification should address the cabling infrastructure, cable routes, potential hazards, installation environment and provide a bill of materials and technical requirements for cables, connectors and closures.

The installation specification should also detail any civil works, route preparation (including drawpits, ductwork, traywork and trunking) and surveying that are necessary, together with a clear indication of responsibilities and contractual interfaces, especially if there are any site or access limitations.

Post installation requirements for reinstatement, spares, ancillary services and regulatory issues should also be addressed.

C.2.2 Route considerations

Whilst optical fibre cables are lighter and installed in longer lengths than conventional metallic cables, the same basic route considerations apply.

Il est nécessaire que les méthodes de planification du cheminement et de manipulation des câbles prennent soigneusement en compte le rayon de courbure minimal et la contrainte de traction maximale spécifiés pour le câble à fibres optiques particulier installé, de façon à éviter un endommagement des fibres qui pourrait permettre à des défauts latents d'apparaître.

Les conduites souterraines figurent parmi les situations les plus difficiles pour l'installation de câbles à fibres optiques; l'état et la géométrie des chemins de conduites revêt une grande importance. Si l'infrastructure présente des conduites en mauvais état, une courbure excessive, des conduites incluant déjà des câbles ou des points d'accès avec des changements brusques de direction, la distance maximale de traction sera réduite en conséquence.

L'installation de longueurs de câble importantes dans des conduites souterraines ou en câblage aérien peut impliquer des méthodes d'installation nécessitant un accès au câble au niveau de points intermédiaires pour un relai de traction additionnel, ou des techniques de «lovage en huit», et il convient de choisir ces sites soigneusement. Il convient également de prendre en considération les facteurs de temps et de perturbation. Il est possible qu'un matériel d'installation soit obligé de fonctionner pendant de longues périodes de temps; il convient donc de tenir compte de l'heure, des niveaux sonores et de la perturbation du trafic routier.

Etant donné que l'état des conduites souterraines destinées aux câbles à fibres optiques présente une importance particulière, il convient, dans tous les cas, de s'assurer que les conduites sont en bon état, et qu'elles sont aussi propres et dégagées que possible. On peut également envisager l'installation d'un système de conduites souterraines, sous forme simple ou multiple, afin de fournir un environnement d'installation favorable, de permettre une séparation des câbles, une protection mécanique supplémentaire et d'améliorer les procédures de maintenance. Les conduites souterraines peuvent être plus difficiles à aiguiller et à câbler que les conduites de taille normale, particulièrement sur des longueurs importantes, et il convient de tenir compte du rapport de diamètre entre le câble et la conduite souterraine.

Pour les sections aériennes, la nécessité de limiter le mouvement du câble en service est un facteur de grande importance. Le mouvement du câble produit par des changements thermiques, par le poids du câble, de la glace, par le vent, etc., est susceptible d'exercer un effet préjudiciable. Un trajet sur poteaux stables, les poteaux étant placés de façon aussi rigide que possible, constitue donc un facteur important de réduction du mouvement éventuel, et il convient d'envisager l'utilisation de garnitures supérieures et d'attaches de poteaux adaptées, compatibles avec les fibres optiques.

Bien que le poids des câbles à fibres optiques soit généralement faible, leur ajout à un élément de suspension existant peut porter la fibre optique au-delà de sa limite de contrainte recommandée, et il convient de calculer la flèche et l'allongement avant l'installation.

Lorsqu'on envisage d'enterrer ou de placer à la charrue des longueurs importantes de câbles à fibres optiques, les sections impliquant un creusement du sol peuvent être avantageusement préparées à l'avance au moyen d'un matériel de rainurage ou de creusage.

C.2.3 Etude prévisionnelle de la tension d'installation du câble

La fourniture de câbles à fibres optiques de très grande longueur peut obliger à s'assurer que la réalisation d'une installation particulière se fera avec succès, particulièrement pour les conduites souterraines, et une bonne indication peut être fournie dans certains cas, en calculant la tension maximale du câble. Cette tension maximale peut être comparée aux performances mécaniques indiquées pour le câble et, lorsque ces valeurs sont proches, on peut envisager l'utilisation de méthodes permettant d'obtenir une plus grande marge de sécurité, par exemple une conception autre du câble, un raccourcissement du cheminement, un changement de cheminement ou de direction du câblage, la fourniture de treuils intermédiaires, ou l'application de précautions particulières au niveau d'emplacements spécifiques. Les éléments de calcul sont indiqués à la figure C.1.

Route planning and cable handling methods must carefully take into account the specified minimum bending radius and maximum tensile loading of the particular optical fibre cable being installed so that fibre damage, giving rise to latent faults, can be avoided.

Some of the most difficult situations for the installation of optical fibre cables are in underground ducts and the condition and geometry of duct routes is of great importance. Where the infrastructure includes ducts in poor condition, excessive curvature, or ducts already containing cables or access points with abrupt changes of direction, the maximum pull distance will be reduced accordingly.

Provision of long cable lengths in underground duct or aerial situations may involve installation methods that require access to the cable at intermediate points for additional winching effort, or “figure 8” techniques, and these sites should be chosen with care. Consideration should also be given to factors of time and disturbance. Installation equipment may be required to run for long periods of time, and the time of day, noise levels and vehicular traffic disruption should be taken into account.

Because the condition of underground ducts intended for optical fibre cables is of particular importance, care should always be taken to ensure that ducts are in sound condition, and as clean and clear as possible. Consideration can also be given to the provision of a subduct system, either in single or multiple form, to provide a good environment for installation, segregation of cables, extra mechanical protection and improved maintenance procedures. Subducts can be more difficult to rope and cable than normal size ducts, particularly over long lengths, and the diameter ratio between the cable and subduct should be considered.

For overhead route sections, a very important consideration is the need to minimize in-service cable movement. Movement of the cable produced by thermal changes, cable weight, ice loading, wind, etc. may have a detrimental effect. A stable pole route, with all poles set as rigidly as possible, is therefore an important element in reducing possible movement, and consideration should be given to purpose-designed, optical fibre-compatible, pole top fittings and attachments.

Although optical fibre cables are generally light in weight, their addition to an existing suspension member can take the optical fibre beyond its recommended strain limit, and the added dip and extension should be calculated before installation.

Where it is planned for long lengths of optical fibre cable to be directly buried or ploughed, those sections involving ploughing can, with advantage, be pre-prepared using specialized slitting or trenching equipment.

C.2.3 Cable installation tension predictions

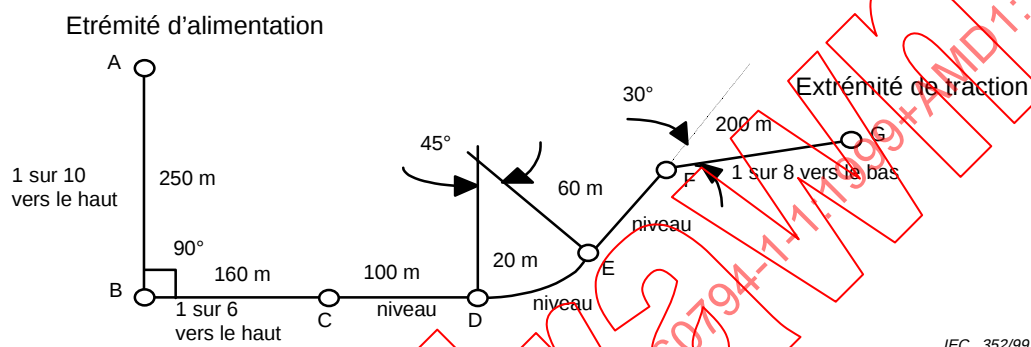
The potential for providing very long lengths of optical fibre cable can lead to the need for confidence that a particular installation operation will be successfully achieved, particularly in underground ducts, and a good indication can be provided, in some cases, by calculating the maximum cable tension. This maximum tension can be compared with the stated mechanical performance of the cable and, where these values are close, consideration can be given to methods for providing a greater margin of safety such as an alternative cable design, shortening the route, changing the route or direction of cabling, provision of intermediate winches, or by taking special precautions at particular locations. Calculation considerations are indicated in figure C.1.

C.2.3.1 Tension de câblage maximale

Il est nécessaire de prendre en considération les principales fonctions contributives suivantes pour calculer les tensions du câble:

- masse par unité de longueur de câble;
- coefficient de frottement entre la gaine du câble et les surfaces avec lesquelles la gaine entre en contact;
- déviations et inclinaisons.

Les cheminements et les formules de tension communes de la figure C.1 peuvent être utilisés à titre d'exemple:



T = tension à la fin de la section (N)

T_i = tension au début de la section (N)

μ = coefficient de frottement (entre le câble et la conduite ou le guide)

l = longueur de la section (m)

w = masse spécifique du câble (kg/m)

θ = inclinaison (radians, + vers le haut, - vers le bas)

ou déviation (radians, plan horizontal)

g = accélération due à la gravité (9,81 m/s²)

Equation 1 (pour sections droites) $T = T_i + \mu l w g$

Equation 2 (pour sections inclinées) $T = T_i + l w g (\mu \cos \theta + \sin \theta)$

Equation 3 (pour sections déviées et courbes) $T = T_i e^{\mu \theta}$

Figure C.1 – Calculs de la tension du câble

C.2.3.2 Tension totale

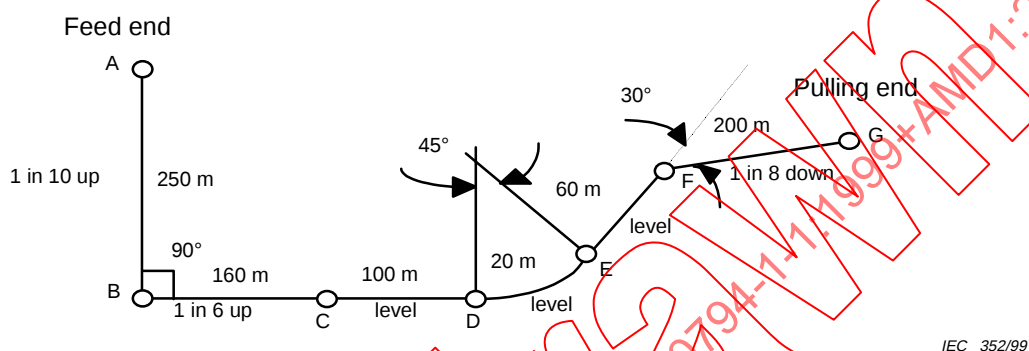
La tension totale peut être calculée sur une base cumulative traitant chaque section, d'une extrémité du cheminement à l'autre, selon les indications du tableau C.1 (pour cet exemple $\mu = 0,55$ et $w = 0,92$ kg/m).

C.2.3.1 Maximum cabling tension

The following main contributory functions need to be considered when calculating cable tensions:

- the mass per unit length of cable;
- the coefficient of friction between cable sheath and surfaces with which it will come in contact;
- deviations and inclinations.

The routes and common tension formulae in figure C.1 can be used as an example:



T = tension at end of section (N)

T_i = tension at beginning of section (N)

μ = coefficient of friction (between cable and duct or guide)

l = length of section (m)

w = cable specific mass (kg/m)

θ = inclination (radians, + up, – down)
or deviation (radians, horizontal plane)

g = acceleration due to gravity (9,81 m/s²)

Equation 1 (for straight sections) $T = T_i + \mu l w g$

Equation 2 (for inclined sections) $T = T_i + l w g (\mu \cos \theta + \sin \theta)$

Equation 3 (for deviated sections and bends) $T = T_i e^{\mu \theta}$

Figure C.1 – Cable tension calculations

C.2.3.2 Total tension

Total tension can be calculated on a cumulative basis working through each section from one end of the route to the other, as indicated in table C.1 (for this example, $\mu = 0,55$ and $w = 0,92$ kg/m).

Tableau C.1 – Calcul de la tension totale

Section	Longueur	Tension au début de la section T_i	Inclinaison	Déviaton	Equation	Tension à l'extrémité de la section (cumulative) T
	m	N	rad	rad		N
A	–	0	–	–	–	0
A – B	250	0	0,100	–	2	1 460
B	–	1 460	–	1,571	3	3 464
B – C	160	3 464	0,165	–	2	4 484
C	–	4 484	–	–	–	4 484
C – D	100	4 484	–	–	1	4 980
D	–	4 980	–	–	–	4 980
D – E	20	4 980	–	0,785	3	7 669
E	–	7 669	–	–	–	7 669
E – F	60	7 669	–	–	1	7 967
F	–	7 967	–	0,524	3	10 628
F – G	200	10 628	–0,124	–	2	11 390

NOTE Lorsque plusieurs câbles sont installés dans chaque conduite, la tension peut augmenter de façon significative et il est nécessaire de prendre cet élément en compte en appliquant un facteur avant le calcul de la déviation. Les facteurs varient en fonction du nombre de câbles, des matériaux de la gaine et du câble, de la taille de la conduite et du câble, de la flexibilité du câble, etc. Les valeurs peuvent être de l'ordre de 1,5 à 2 pour deux câbles, de 2 à 4 pour trois câbles et de 4 à 9 pour quatre câbles.

C.2.4 Conditions ambiantes

Les conditions ambiantes sont susceptibles d'influencer les procédures d'installation et il est recommandé d'installer les câbles à fibres optiques, particulièrement sur des longueurs importantes, seulement lorsque la température s'inscrit dans les limites fixées par le fabricant du câble concerné.

Les propriétés mécaniques des câbles optiques dépendent également de la température et des matériaux utilisés pour leur construction. En général, il convient d'éviter d'installer les câbles comportant du PVC lorsque leur température est inférieure à 0 °C tandis que les câbles comportant du polyéthylène peuvent être installés lorsque leur température descend jusqu'à –15 °C. Pour la plupart des câbles, la température d'installation maximale est de 50 °C. A moins que des mesures spéciales ne soient prises, il convient de ne pas exposer les câbles à des températures dépassant la gamme de températures d'installation spécifiée pendant une période de 12 h précédant l'installation.

C.2.5 Informations et formation

Les méthodes et pratiques utilisées pour manipuler les câbles à fibres optiques durant l'installation peuvent, sans produire d'endommagement physique ni de perte de transmission immédiatement évidents, affecter les caractéristiques de transmission à long terme.

Il convient d'informer parfaitement les techniciens chargés de l'installation des méthodes correctes à employer, des conséquences éventuelles de l'application de méthodes incorrectes, et de leur fournir des renseignements et une formation suffisants pour permettre l'installation de câbles sans endommagement des fibres.

Table C.1 – Calculation for total tension

Section	Length	Tension at beginning of section T_i	Inclination	Deviation	Equation	Tension at end of section (cumulative) T
	m	N	rad	rad		N
A	–	0	–	–	–	0
A – B	250	0	0,100	–	2	1 460
B	–	1 460	–	1,571	3	3 464
B – C	160	3 464	0,165	–	2	4 484
C	–	4 484	–	–	–	4 484
C – D	100	4 484	–	–	1	4 980
D	–	4 980	–	–	–	4 980
D – E	20	4 980		0,785	3	7 669
E	–	7 669	–	–	–	7 669
E – F	60	7 669	–	–	1	7 967
F	–	7 967		0,524	3	10 628
F – G	200	10 628	–0,124		2	11 390

NOTE Where more than one cable per duct is installed, tension can be greatly raised and it is necessary to take account of this by applying a factor before the deviation calculation. Factors vary with the number of cables, sheath/cable materials, cable/duct sizes, cable flexibility, etc. Values can be in the order of 1,5 to 2 for two cables, 2 to 4 for three cables and 4 to 9 for four cables.

C.2.4 Ambient conditions

Ambient conditions may affect installation procedures and it is good practice to install optical fibre cables, particularly in long lengths, only when the temperature is within the limits set by the particular cable manufacturer.

The mechanical properties of optical cables are also dependent on the temperature and the materials used in their construction. Typically, cables containing PVC in their construction should not be installed when their temperature is below 0 °C, whilst cables incorporating polyethylene can be installed when their temperature is down to –15 °C. For most cables, the upper installation temperature limit is 50 °C. Unless special measures are taken, cables should not have been exposed to temperatures outside the specified installation temperature range for a period of 12 h prior to installation.

C.2.5 Information and training

Methods and practices used in the handling of optical fibre cables during installation can, without producing any immediately obvious physical damage or transmission loss, affect their long-term transmission characteristics.

Technicians involved in installation procedures should be made fully aware of the correct methods to employ, the possible consequences of employing incorrect methods, and have sufficient information and training to enable cables to be installed without damage to fibres.

Il convient, en particulier, d'informer les équipes d'installation des critères de courbures minimaux, et de leur signaler combien il est facile d'outrepasser ces critères lors d'une installation manuelle.

C.3 Méthodes d'installation de câbles

C.3.1 Considérations générales

Un câble à fibres optiques peut être installé en utilisant les mêmes méthodes générales que celles employées pour les câbles métalliques ou des méthodes similaires, mais en prêtant plus d'attention à certains aspects tels que les sections longues, la courbure de câble et la contrainte exercée sur le câble, et il peut être nécessaire d'utiliser des méthodes et un matériel particuliers dans certaines circonstances. Il faut protéger la fibre optique des contraintes excessives, produites de façon axiale ou au niveau de la courbure, durant l'installation et, pour ce faire, diverses méthodes existent. Il convient que l'objectif de l'ensemble des méthodes et des systèmes de placement des fibres optiques soit d'installer le câble en évitant le plus possible d'imposer des contraintes sur la fibre, cette dernière étant prête au raccordement.

Autres précautions générales:

- il convient de contrôler la livraison du câble jusqu'au site afin d'éviter tout endommagement mécanique lors du déchargement des véhicules;
- il convient de garantir des conditions de stockage adaptées, en tenant compte des considérations mécaniques et environnementales;
- il convient de vérifier la documentation afin d'assurer la conformité du câble livré avec la spécification d'approvisionnement;
- il convient d'installer des coiffes de protection adaptées sur les extrémités exposées du câble optique. Il convient de manipuler les coiffes avec soin afin d'éviter tout endommagement durant l'installation, et de réparer ou de remplacer les coiffes endommagées.

C.3.2 Sécurité dans les espaces confinés

Lors de l'installation de câbles à fibres optiques, il est parfois nécessaire de travailler dans des espaces confinés tels que des trous d'homme, des passages souterrains, des tunnels, des chemins de câbles et des zones où la circulation d'air est réduite et où l'entrée et la sortie sont difficiles.

Lorsque l'éventualité d'un travail en espace confiné existe, il est nécessaire de prendre en compte les risques éventuels pour la santé et la sécurité que représentent, par exemple, les gaz explosifs, asphyxiants ou toxiques, le plomb, l'amiante, etc. et d'assurer la fourniture d'un matériel et/ou d'instructions de sécurité supplémentaires avant le début des travaux.

C.3.3 Procédures préalables à l'installation

Avant le début de l'installation, il convient que l'installateur effectue les vérifications suivantes:

- établir, conformément au programme d'installation, l'accessibilité et la disponibilité des cheminements définis dans la spécification d'installation. Il convient que l'installateur avertisse l'utilisateur de tous les écarts proposés;
- établir que les conditions environnementales au niveau des cheminements et les méthodes d'installation à utiliser sont adaptées à la conception du câble optique à installer;
- déterminer toutes les mesures nécessaires pour éviter que la fibre optique, à l'intérieur du câble optique subisse une contrainte directe après l'installation. Lorsque l'on propose de longs passages verticaux, il peut être nécessaire de réaliser une déviation des câbles optiques par rapport à la verticale à des intervalles recommandés par le fabricant (en intégrant des passages horizontaux courts, des boucles ou des dispositions de support);

In particular, installation crews should be made aware of minimum bending criteria, and how easy it is to contravene these when installing by hand.

C.3 Cable installation methods

C.3.1 General considerations

Optical fibre cables can be installed using the same or similar general methods employed for metallic cables, but with more attention required for certain aspects such as long lengths, cable bending and cable strain, and it may be necessary to employ particular methods and equipment in some circumstances. Optical fibre must be protected from excessive strains, produced axially or in bending, during installation and various methods are available to do this. The aim of all optical fibre cable-placing methods and systems should be to install the cable with the fibre in as near as possible strain-free condition, ready for splicing.

Other general precautions:

- delivery of cable to site should be monitored to ensure that no mechanical damage occurs during off-loading from vehicles;
- storage conditions should be suitable, taking into account mechanical and environmental considerations;
- documentation should be checked to ensure that the cable delivered is in accordance with the procurement specification;
- suitable protective caps should be fitted to the exposed ends of the optical cable. End caps should be handled carefully to avoid damage during installation, and any damaged caps should be repaired or replaced.

C.3.2 Safety in confined spaces

During the installation of optical fibre cables, it may be necessary to work in confined spaces such as manholes, underground passageways, tunnels, cable ways and areas where air circulation is poor or where entry and exit are difficult.

Where the possibility of working in confined spaces exists, it is necessary to consider any health and safety hazards that may be present, such as explosive, asphyxiating or toxic gases, lead, asbestos etc., and ensure that any additional safety equipment and/or instruction are provided prior to the commencement of work.

C.3.3 Pre-installation procedures

Before installation commences, the installer should carry out the following checks:

- establish that the routes defined in the installation specification are accessible and available in accordance with the installation programme. The installer should advise the user of all proposed deviations;
- establish that the environmental conditions within the routes and the installation methods to be used are suitable for the design of the optical cable to be installed;
- determine any measures necessary to prevent the optical fibre within the optical cable experiencing direct stress following installation. Where long vertical runs are proposed, optical cables may need to deviate from the vertical at intervals as recommended by the manufacturer (by the inclusion of short horizontal runs, loops or support arrangements);

- déterminer les emplacements prévus au niveau desquels les tourets (ou les bobines) seront positionnés durant le programme d'installation, et établir l'accessibilité et la disponibilité de ces emplacements;
- identifier les emplacements des boucles de service prévus, et établir leur accessibilité et leur disponibilité conformément au programme d'installation;
- s'assurer que tous les accessoires d'installation nécessaires sont disponibles;
- identifier les emplacements prévus pour les boîtiers, et établir leur accessibilité et leur disponibilité conformément au programme d'installation.

Il convient de positionner les boîtiers de façon à pouvoir réaliser des réparations, des élargissements ou des extensions ultérieures du câblage installé le plus aisément possible et en toute sécurité.

C.3.4 Installation de câbles optiques dans des conduites souterraines

C.3.4.1 Application

Une installation typique de conduite souterraine est représentée à la figure C.2.

C.3.4.2 Méthodes de protection du câble contre les surcharges

Lorsque toutes les mesures et précautions ont été prises pour protéger le câble et ses fibres des contraintes excessives au niveau du cheminement, du guidage, etc., il reste la possibilité, au niveau de la dynamique de fonctionnement d'une installation, que de fortes contraintes soient appliquées sur le câble et il est conseillé de prévoir un mécanisme de prévention contre les surcharges du câble. Deux classes de dispositifs peuvent assurer cette protection: les dispositifs situés au niveau du treuil primaire ou intermédiaire et ceux situés à l'interface câble/câblette. Au niveau du treuil, les dispositifs comprennent (en fonction du type de treuil) les embrayages mécaniques, les moteurs à blocage et les vannes de dérivation hydrauliques qui peuvent être réglées à une contrainte prédéterminée ainsi que les systèmes de contrôle de tension de câble/dynamomètre fournissant un retour sur la commande du treuil. Les dispositifs au niveau de l'interface câble/câblette comprennent les coupe-circuits mécaniques (traction ou cisaillement) et les détecteurs fournissant des informations concernant la commande du treuil. Tous ces systèmes ont pour but commun de limiter ou de stopper le fonctionnement du treuil lorsque les contraintes appliquées sur le câble se rapprochent d'un niveau d'endommagement.

C.3.4.3 Courbure de câble et systèmes de guidage

Pour éviter de soumettre les câbles et fibres optiques à des contraintes de courbure inacceptables, il convient d'observer, durant le tirage et l'installation, les recommandations du fabricant de câbles concernant les diamètres de courbure. Il convient d'utiliser un matériel de guidage au niveau des courbures du cheminement du câble et des entrées de conduite de façon à respecter le diamètre minimal de courbure recommandé pour le type de câble concerné.

Il convient d'effectuer avec soin la courbure sous tension pendant l'installation du câble à fibres optiques. Il convient d'étudier l'adéquation au besoin des systèmes et matériels de guidage et de prendre en compte les critères de courbure indiqués par le fabricant. En général, un diamètre de courbure minimal correspondant à environ 20 fois le diamètre du câble est considéré comme approprié mais, lors d'une installation sous tension, on suggère que ce rapport puisse être doublé. La plupart des matériels de guidage peuvent être utilisés à la fois pour les câbles à fibres optiques et les câbles métalliques, mais l'installation de longueurs importantes peut nécessiter de nombreux éléments de guidage, et il convient que ceux-ci présentent tous des propriétés de légèreté et de faible frottement.

- determine the proposed locations at which drums (or reels) are to be positioned during the installation programme, and establish the accessibility and availability of those locations;
- identify the proposed locations of service loops, and establish their accessibility and availability in accordance with the installation programme;
- ensure that all necessary installation accessories are available;
- identify proposed locations of closures, and establish their accessibility and availability in accordance with the installation programme.

The closures should be positioned so that subsequent repair, expansion or extension of the installed cabling may be undertaken with minimal disruption and in safety.

C.3.4 Installation of optical cables in underground ducts

C.3.4.1 Application

A typical underground duct installation is shown in figure C.2.

C.3.4.2 Cable overload protection methods

Where all actions and precautions have been taken to protect the cable and its fibres from excessive load as far as suitability of route, guiding etc. are concerned, there still remains the possibility, in the dynamics of an installation operation, for high loads to be applied to the cable and it may be advisable to provide a cable overload prevention mechanism. There are two classes of devices to provide this protection: those situated at the primary or intermediate winch and those at the cable/rope interface. Those at the winch include (depending on winch type) mechanical clutches, stalling motors and hydraulic bypass valves which can be set to a predetermined load and dynamometer/cable tension monitoring type systems to provide feedback for winch control. Those at the cable/rope interface include mechanical fuses (tensile or shear) and sensing devices to provide winch control information. All these systems have a common aim of limiting or stopping the winching operation when loads applied on the cable approach a damaging level.

C.3.4.3 Cable bending and guiding systems

To avoid subjecting cables and optical fibres to unacceptable bending stresses, the cable manufacturer's recommendations regarding bending diameters should be observed during pulling and installation. Guiding equipment should be used at bends in the cable route and at duct entrances so that the minimum bending diameter recommended for the particular cable type is observed.

Bending optical fibre cable under tension during installation should be undertaken with care. Guiding systems and equipment should be examined for their suitability for purpose, and cable manufacturers' stated bending criteria should be properly take into account. In general, a minimum bending diameter of around 20 times the cable diameter is considered appropriate, but when the cable is installed under tension it is suggested that this ratio may be doubled. Most guiding equipment can be used for both optical fibre and metallic cables, but long length placing may require many guiding elements and these elements should all have properties of lightness and low friction.

C.3.4.4 Treuils et câbles

A condition de garder à l'esprit la nécessité d'assurer une protection contre les surcharges, la plupart des matériels et systèmes de treuil normaux à contrôle de vitesse sont adaptés à l'installation de câbles à fibres optiques dans les conduites. Ces systèmes comprennent des treuils d'extrémité, avec différents types de mécanismes primaires, des treuils intermédiaires pour les longueurs plus importantes et, si nécessaire, un matériel de poussage de câble motorisé. Lorsque des treuils intermédiaires (cabestan ou chenille) et/ou un matériel de poussage du câble motorisé sont utilisés, il convient d'employer une méthode de synchronisation qui empêche une contrainte excessive sur la fibre, et il convient de se rappeler que certains treuils intermédiaires de type cabestan peuvent provoquer une torsion du câble. Des câbles ou filins de faible poids spécifique et de module d'élasticité élevé sont nécessaires pour la réalisation d'un câblage à fibres optiques. Le placement de filins ou de câbles longs peut être difficile mais peut généralement être réalisé en utilisant successivement des méthodes d'installation normales. Il faut placer les filins ou les câbles soigneusement lorsqu'il existe déjà des câbles à fibres optiques dans une conduite et il faut éviter les nœuds.

Il convient que les treuils de câble puissent fournir des vitesses variables, en particulier des vitesses de démarrage faibles, et qu'ils soient équipés d'un dynamomètre de treuil étalonné (un détecteur de tension ou un coupe-circuit mécanique peut aussi être installé au début du câble). La force d'installation maximale doit être limitée à la tension de fonctionnement sûre du câble, mesurée au niveau du dynamomètre de treuil ou du détecteur de tension au début du câble. Le treuil doit être équipé d'un déclencheur arrêtant automatiquement le treuil si la force d'installation dépasse la limite de tension prédéterminée. Si l'on utilise un coupe-circuit mécanique, il doit être conçu pour se déclencher au niveau de la tension maximale de fonctionnement sûr du câble.

Si un treuil intermédiaire de type cabestan est utilisé, il convient que le diamètre du cabestan soit supérieur ou égal au diamètre de courbure minimal du câble.

Pour réduire la torsion durant l'installation, l'extrémité de tirage du câble peut être raccordée à l'extrémité de la câbrette du treuil par l'intermédiaire d'un dispositif de compensation de torsion, par exemple une manille de rotation ou une agrafe de jonction avec pivot. Lorsque le tirage du câble est réalisé au moyen d'un treuil, il convient de le commencer à une vitesse faible. La vitesse de tirage peut être progressivement augmentée jusqu'à la vitesse maximale de 75 m/min quand il n'y a aucun risque de dépassement de la contrainte de traction maximale autorisée du câble.

Il convient que les clous de tirage installés en usine soient en mesure de tirer un câble selon sa contrainte de traction assignée sans défaillance. Si le câble n'est pas déjà équipé d'un clou de tirage, une chaussette doit être fixée au niveau de l'extrémité de tirage du câble, chaussette dont l'anneau doit être fixé sur la câbrette du treuil au moyen d'une manille de rotation et dont la contrainte de service minimale de sécurité est supérieure à la tension de câble maximale autorisée. La chaussette peut être installée directement sur l'enveloppe extérieure si cette dernière est fixée de manière interne aux éléments de renfort. Les éléments de renfort qui ne présentent pas un couplage suffisant avec l'enveloppe extérieure doivent être équipés d'une connexion pour les contraintes de traction fortes lorsque de telles contraintes sont prévues.

Il convient d'éviter de passer les clous de tirage et les chaussettes autour des cabestans ou des poulies lorsque le câble subit une contrainte de traction.

C.3.4.5 Frottement et lubrification du câble

Il convient de prêter une attention particulière au frottement et à la lubrification lors de l'installation de câbles à fibres optiques. Les forces de frottement devant être maîtrisées dépendent de plusieurs facteurs, principalement des matériaux et des finitions de la gaine du câble, de la conduite, de la câbrette ou du filin et des éléments de guidage, tous ces éléments pouvant contribuer de façon significative à la force d'installation totale requise. La lubrification

C.3.4.4 Winching equipment and ropes

Provided the need for overload protection is borne in mind, most normal, speed-controlled cable winching equipment and systems are suitable for installing optical fibre cables in ducts. These systems include end-pull winches, with various types of primary mover, intermediate winches for longer length schemes and, where necessary, powered cable feeding equipment. Where intermediate winches (capstan or caterpillar) and/or powered cable feeding equipment are used, a method of synchronization, preventing excessive fibre strain, should be employed, and it should be borne in mind that some intermediate capstan type winches can introduce a twist into the cable. Ropes or lines of low specific weight and having a high modulus of elasticity are necessary for optical fibre cabling. Placing long lines or ropes can be difficult but can usually be accomplished by using normal installation methods successively. Lines or ropes must be placed with care where there are already optical fibre cables in a duct and knots must be avoided.

Cable winches should be capable of providing varying rope speeds, particularly with regard to low starting speeds, and should be equipped with a calibrated winch-line dynamometer (or a tension sensor or mechanical fuse can be fitted at the beginning of the cable). The maximum installation force shall be limited to the safe working load of the cable as measured at the winch-line dynamometer or at the tension sensor at the beginning of the cable. The winch shall be provided with a tripping device that automatically stops the winch if the installation force exceeds the preset tension limit. If a mechanical fuse is used, it shall be designed to break at the maximum safe working load of the cable.

If a capstan type intermediate puller is used, the diameter of the capstan should be greater than or equal to the minimum bending diameter of the cable.

To reduce twisting during installation, the pulling end of the cable can be connected to the end of the winch rope via a twist compensation device, for example a rotary shackle or a rope socket with a swivel. When pulling the cable with a winch, the pull should be started with a low rope speed. The pulling speed can be gradually increased up to the maximum speed of 75 m/min when there is no danger that the maximum permissible tensile loading for the cable will be exceeded.

Factory-fitted pulling eyes should be capable of pulling a cable at its rated tensile load without failure. If the cable is not already provided with a pulling eye, a cable sock-type grip shall be fitted to the pulling end of the cable, whose eye shall be fitted to the winch rope by means of a rotary shackle, and whose minimum safe working load is greater than the maximum allowable cable tension. The cable grip can be fitted directly onto the outer jacket when the latter is secured internally to the strength members. Strength members which are not sufficiently coupled to the outer jacket shall be provided with a connection for high tensile loading when such loading is anticipated.

Pulling eyes and cable grips should not pass around capstans or pulleys whilst the cable is under tensile load.

C.3.4.5 Cable friction and lubrication

Special attention should be paid to friction and lubrication when installing optical fibre cables. The friction forces which must be overcome are related to several factors, primarily the materials and finishes of the cable sheath, duct, cabling rope or line and guiding elements, and all can contribute significantly to the total installing force required. Lubrication can have beneficial effects in reducing the total installing force needed, and attention should be paid to

peut avoir des effets bénéfiques dans la mesure où elle permet une réduction de la force d'installation totale nécessaire; il convient d'examiner les interfaces câblette/conduite et câble/conduite et de prendre des mesures pour s'assurer que le point d'attache câblette/câble présente un profil lisse. Tout système de lubrification employé doit présenter une compatibilité à long terme avec les matériaux du câble, de la câblette et de la conduite, et être sans danger pour la santé des personnes travaillant à l'installation.

C.3.4.6 Méthodes de manipulation du câble permettant d'optimiser les longueurs installées

Lorsqu'il est impossible, du fait des limites de contraintes, d'installer des câbles à fibres optiques longs en tirant par une seule extrémité, il peut être nécessaire d'employer une méthode répartissant la contrainte sur la longueur du câble, ce qui peut être réalisé, en fonction des circonstances, par des méthodes statiques ou dynamiques.

La méthode statique la plus courante est connue sous le nom de « lovage en huit ». Cette procédure nécessite de placer le touret de câble en un point intermédiaire et de tirer le câble dans une direction de cheminement par des techniques classiques de tirage en tête. Le câble restant est alors ôté du touret et posé sur le sol selon un huit. Le treuil est ensuite déplacé vers l'autre extrémité de la section et le câble posé sur le sol est tiré en utilisant la même méthode de tirage en tête. Cette méthode nécessite un espace approprié au niveau du point de lovage en huit.

La répartition dynamique de la contrainte est plus compliquée et nécessite plus de matériel et de montages; cependant, elle a l'avantage de permettre l'installation directement dans une direction à partir du touret. Dans ce processus, des treuils ou des pousseurs spéciaux sont utilisés au niveau de points intermédiaires et la contrainte maximale sur le câble est liée à la distance entre ces points intermédiaires. Il convient de se rappeler que, pour les treuils intermédiaires, toutes les forces d'installation sont transmises au travers de la gaine du câble: il convient d'en tenir compte dans la conception d'un câble particulier posé selon cette méthode. Les systèmes de treuils intermédiaires et répartis nécessitent une coordination, une synchronisation et une communication efficaces entre les points intermédiaires. Les treuils intermédiaires du type cabestan sont susceptibles d'introduire une torsion supplémentaire du câble.

Les méthodes de tirage manuel peuvent être utilisées au niveau de points intermédiaires sur une installation de câbles à fibres optiques présentant une longueur importante mais il faut s'assurer que ces méthodes respectent les critères de courbure et autres critères mécaniques spécifiés.

C.3.4.7 Marge de longueur pour raccordement

Il est important, lors de l'installation de longueurs de câbles à fibres optiques dans des conduites souterraines, de prévoir une longueur adéquate de câble supplémentaire au niveau du point d'accès pour les essais et la jonction. Cette longueur supplémentaire, à chaque extrémité du câble, est généralement supérieure à celle autorisée pour les câbles métalliques et il convient de ne pas y inclure la partie du câble utilisée pour la liaison avec la câblette, qui n'est pas adaptée pour effectuer la jonction. La longueur supplémentaire peut être définie par la fabrication du raccord ou du boîtier, ou bien encore par la procédure de raccordement, particulièrement si le raccordement est effectué dans un véhicule adjacent.

both the rope/duct and cable/duct interfaces, and steps taken to ensure that the rope/cable attachment point presents a smooth profile. Any lubrication system employed must have long term compatibility with the cable, rope and duct material and be safe from an occupational health point of view.

C.3.4.6 Cable handling methods to maximize installed lengths

Where it is not possible, because of load limitations, to install long length optical fibre cables using a single end-pull, it may be necessary to employ a method of dividing the load along the cable length, and this can be done, depending on circumstances, by either static or dynamic methods.

The most common static method is known as the "figure 8" system. This procedure requires that the cable drum be placed at an intermediate point and the cable drawn in one direction of the route using normal end-pull techniques. The remaining cable is then removed from the drum and laid out on the ground in a figure of eight pattern. The winch is then moved to the other end of the section and the laid out cable is drawn in using the same end-pull method. This method requires appropriate space at the figure 8 point.

Dynamic load sharing is more complicated and requires more equipment and setting up; however, it has the advantage of allowing installation in one direction straight from the drum. In this process, special cable winches or urgers are employed at intermediate points and the maximum load on the cable is related to the distance between these intermediate points. It should be borne in mind that, with intermediate winching, all the installing forces are transmitted through the cable sheath and the design of a particular cable placed by this method should take this into account. Intermediate or distributed winching systems require good co-ordination, synchronization and communication between the intermediate points. Capstan-type intermediate winches may introduce additional cable twisting.

Hand-pulling methods can be employed at intermediate points on long length optical fibre cable installation but great care must be taken to ensure that specified bending and other mechanical criteria are not contravened.

C.3.4.7 Jointing length allowance

It is important, when installing optical fibre cable lengths in underground ducts, to make proper arrangements for an adequate extra length of cable at the access point for testing and jointing. This additional length, at each end of the cable, is normally greater than that allowed for metallic cables, and should not include that part of the cable used for the rope attachment which is not suitable for jointing. The additional length may be established by the splice or closure manufacture, or by the splicing procedure, especially if the splicing is carried out in an adjacent vehicle.

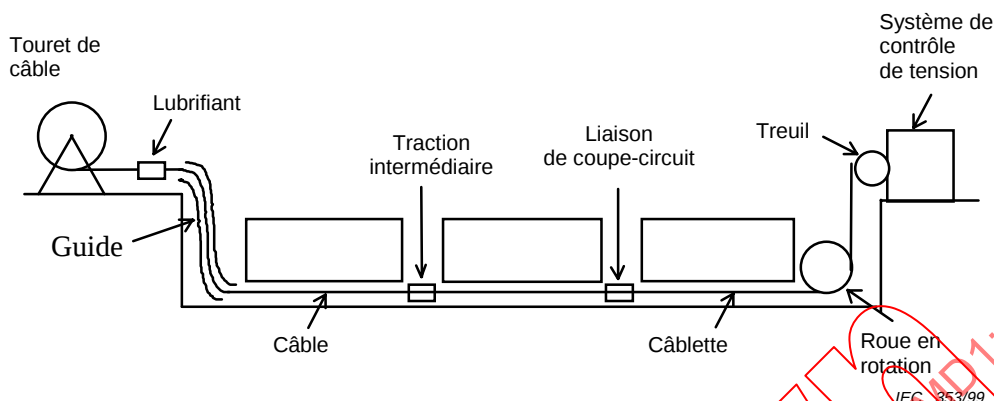


Figure C.2 – Pose de câbles à fibres optiques dans une conduite souterraine

C.3.5 Installation de câbles aériens à fibres optiques

C.3.5.1 Application

Les câbles de garde composites aériens à fibres optiques (généralement appelés OPGW) sont exclus du domaine d'application du présent guide.

La figure C.3 représente une application type couverte par le domaine d'application.

C.3.5.2 Méthodes d'installation

En général, les méthodes utilisées et les considérations retenues lors de l'installation de câbles aériens métalliques peuvent être appliquées aux câbles aériens à fibres optiques, et il est recommandé de les utiliser. Elles incluent les pratiques normales de ligature ou de suspension par anneaux à un câble porteur préalablement fourni, les systèmes autoporteurs, la ligature à un câble aérien existant ou, avec une conception spéciale de câble et de matériel, l'utilisation du câble à fibres optiques lui-même comme moyen de fixation. Les contraintes mécaniques et, par là même, la contrainte subie durant le câblage aérien sont généralement inférieures à celles apparaissant lors de la pose souterraine et, pour un cheminement mixte souterrain et aérien, le câble peut être utilisé pour les sections aériennes.

Lorsque des systèmes de tirage en tête et/ou des tirages intermédiaires sont utilisés, il convient de s'assurer qu'il existe suffisamment de dispositifs de puissance adéquate pour effectuer le tirage des sections continues très longues, susceptibles d'exister sur les trajets aériens.

C.3.5.3 Méthodes de protection des câbles

En général, lorsque l'on utilise des méthodes de tirage en tête ou de tirage réparti, les différentes méthodes relatives aux installations de conduites souterraines (voir C.3.4) permettant de protéger le câble des contraintes excessives durant l'installation peuvent être employées pour les câbles aériens et il est recommandé de garantir également un contrôle toujours strict de la tension en retour du câble.

Lorsque le câble est ligaturé à un câble de suspension prétendu ou à du câble métallique existant, il faut que le câble à fibres optiques aérien soit construit de façon à supporter la ligature. Il est nécessaire de contrôler la tension du filin de ligature. Il faut procéder avec soin à la manipulation des câbles dans les installations aériennes.

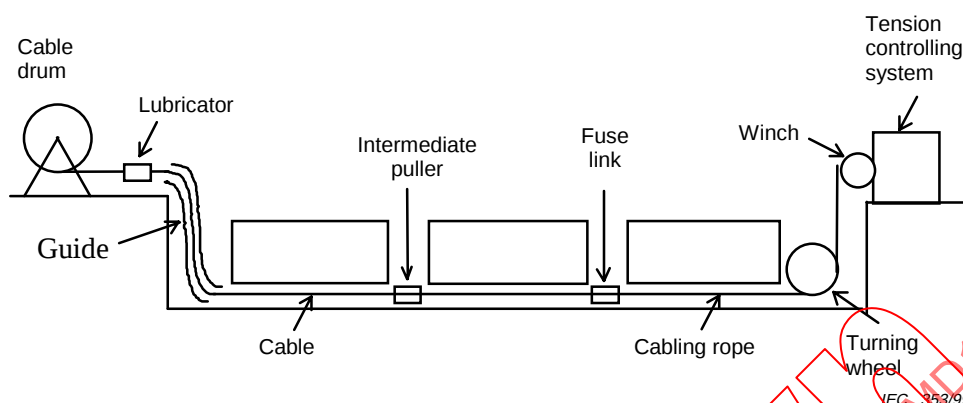


Figure C.2 – Optical fibre cabling in an underground duct

C.3.5 Installation of aerial optical cables

C.3.5.1 Application

Composite overhead ground wires with optical fibres (commonly known as OPGW) are excluded from the scope of this guide.

A typical application covered by the scope is shown in figure C.3.

C.3.5.2 Installation methods

In general, the methods used and considerations made in the installation of metallic aerial cables can and should be employed for optical fibre aerial cables. These include the normal practices of lashing or attaching hanger rings to a pre-provided tension strand, self-supporting systems, lashing to an existing aerial cable or, with a special design of cable and equipment, using the optical fibre cable itself as the lashing medium. The mechanical stresses and therefore the strain experienced during aerial cabling are generally less than those induced during underground placing and, in a mixed underground/overhead route, the underground cable may be used for overhead sections.

Where end-pull and/or intermediate pullers are used, care should be taken to ensure there are sufficient devices of adequate power available to pull the very long continuous sections possible on aerial routes.

C.3.5.3 Cable protection methods

In general, where end-pull or distributed pull methods are used, the various methods as in underground duct installations (see C.3.4) to protect the cable from excessive strain during installation may be employed for aerial cables, and it is good practice also to ensure that cable back-tension is always carefully controlled.

Where lashing to pre-tensioned support wire or existing metallic cable is employed, the optical fibre aerial cable must be constructed to withstand lashing. The lashing-wire tension must be controlled. Care must be exercised when handling cable in aerial route installations.

C.3.5.4 Treuils et systèmes de guidage

A condition de garder à l'esprit la nécessité d'une protection contre les surcharges et les courbures excessives, il est possible d'utiliser la plupart des treuils d'installation de câbles aériens classiques, y compris les treuils de tirage en tête, les dispositifs donneurs de câble contrôlés, etc. Pour les installations sur grande longueur où des systèmes de tirage en tête et de tirage réparti sont utilisés, il est important de fournir un matériel de guidage adapté au niveau des points de brusque changement de direction, et d'assurer la mise en place à vitesse régulière.

C.3.5.5 Méthodes permettant d'optimiser les longueurs

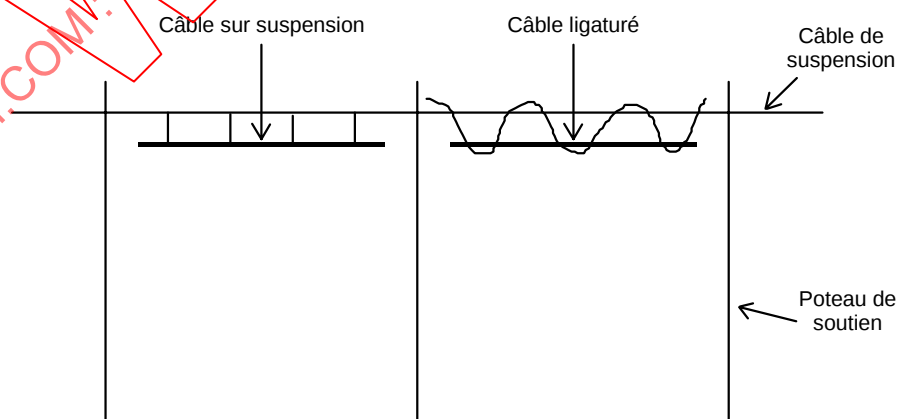
Lorsque l'accès au trajet est relativement peu restreint, il est souvent possible d'installer, en utilisant différentes méthodes classiques, des longueurs de câbles à fibres optiques aériens très importantes, la seule restriction étant représentée par la capacité du touret. Cependant, lorsqu'il est nécessaire de traverser des routes ou autres et que des raccords supplémentaires ne sont pas acceptables, il faut concevoir un système de traction au travers de cette section. De même, si l'on utilise des méthodes faisant intervenir des treuils, des effets de frottement cumulatifs limitent la longueur d'installation et, comme pour les systèmes souterrains, il est possible d'utiliser des treuils intermédiaires.

C.3.5.6 Marge de longueur pour raccordement

Il est important, lors de l'installation de câbles à fibres optiques aériens, de prévoir une longueur adéquate de câble supplémentaire, au niveau d'un poteau, en vue des essais et raccordements. Il faut que cette longueur, à chaque extrémité du câble, soit suffisante pour permettre la construction de joints et de reconstitutions de gaine en un endroit de travail pratique et il peut être nécessaire de réserver une longueur supplémentaire pour les opérations effectuées au niveau du sol.

C.3.5.7 Considérations pour le fonctionnement

Il convient de veiller, pendant l'installation de câbles, à réduire les contraintes sur les fibres et, pour les cheminements aériens en particulier, il est nécessaire de prendre des mesures pour s'assurer que les niveaux de contrainte restent conformes aux recommandations du fabricant pendant le fonctionnement. Tous les types de mouvement, qu'ils soient produits par le poids du câble, par des fluctuations thermiques, des surcharges de glace ou par le vent, produisent une contrainte; ces mouvements nécessitent d'être pris en compte et limités si possible. Il convient notamment d'utiliser, au niveau du poteau, des montages adaptés aux fibres optiques permettant d'amortir le mouvement sur une longueur plus importante que pour les câbles métalliques.



IEC 354/99

Figure C.3 – Installation de câble aérien

C.3.5.4 Winching and guiding systems

Provided the need to protect from overload and overbending is borne in mind, most normal aerial cable installation winching equipment including end-pull winches, controlled cable feeding devices, etc. can be used. For long length installations where end-pull or distributed-pull systems are used, it is important that proper guiding equipment is provided at positions where sharp changes of direction occur, and every effort made to ensure pulling-in at even speed.

C.3.5.5 Methods to maximize lengths

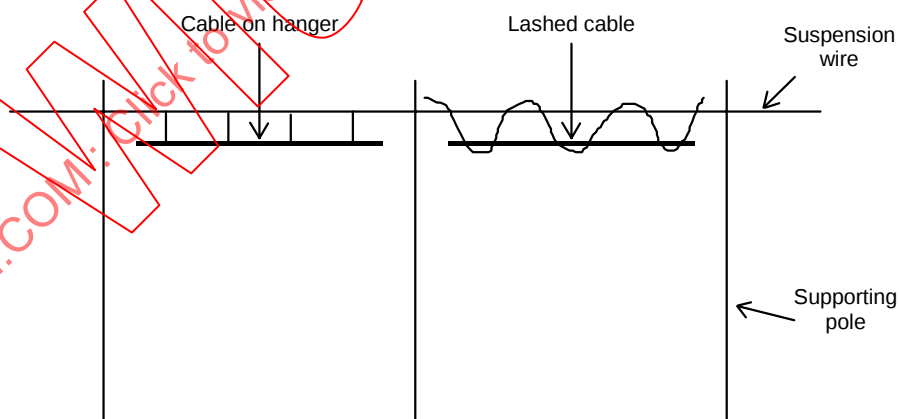
Where relatively unrestricted access to the route exists, it is feasible in many cases to install, using a variety of normal methods, very long lengths of aerial optical fibre cable, the main limitation being only the capacity of the cable drum. However, where road or other crossings are involved and extra splices are not acceptable, a system of pulling through this section must be devised. Also, where winching methods are used, cumulative friction effects limit the installation length and, as with underground systems, intermediate winching systems may be employed.

C.3.5.6 Jointing length allowance

It is important when installing aerial optical fibre cable lengths to make proper arrangement for an adequate extra length of cable at the pole position for testing and jointing. This length at each end of the cable must be sufficient to enable construction of joints and sheath closures at a convenient work position, and it may be necessary to allow extra length for ground level operations.

C.3.5.7 In-service considerations

Care should be taken during cable installation to minimize fibre strain and, with aerial routes in particular, steps are necessary to ensure that strain levels remain within the manufacturer's recommendations during service. All types of movement, whether produced by cable weight, thermal changes, ice loading or wind, produce strain and must be taken into account and minimized where possible. In particular, proper optical-fibre pole fittings to provide movement damping over a longer length than metallic types should be employed.



IEC 354/99

Figure C.3 – Aerial cable installation

C.3.6 Installation de câbles enterrés

C.3.6.1 Méthodes d'installation

Les méthodes d'installation de câbles enterrés classiques, parmi lesquelles figurent la charrue (directe, à lame vibrante ou par treuil), les trancheuses et les buttages, peuvent être généralement utilisées pour l'enterrement direct de câbles à fibres optiques, à condition que le câble soit spécifiquement conçu pour ce type d'application. La même profondeur de recouvrement que pour les câbles métalliques est généralement adaptée mais la capacité de transmission ou d'autres considérations de sécurité peuvent nécessiter une profondeur plus grande. Si l'on utilise une méthode de tranchées, les matériaux et les pratiques de remblayage feront l'objet d'une attention particulière de façon à ne pas atteindre les limites de contraintes sur les fibres durant cette opération.

C.3.6.2 Câbles dans des tranchées

Lors de l'installation de câbles dans des tranchées, il convient d'observer les précautions mentionnées ci-dessous.

- Le fond de la tranchée doit présenter une base solide, telle qu'un sol tassé, et être dépourvu de pierres. En présence de pierres, il convient d'ajouter une couche de sable ou de terre granuleuse finement tamisée d'environ 15 cm.
- Les profondeurs d'installation (jusqu'au fond de la tranchée) sont indiquées au tableau C.2 et reflètent le risque associé à l'application et au coût de remplacement.
- L'enterrement de câbles directement sous les routes dans le sens longitudinal est autorisé seulement dans des cas exceptionnels. Au niveau de croisements de routes ou d'installations longitudinales sous les routes, les câbles doivent être protégés par un conduit de câbles. Lorsque des câbles sont presque parallèles à une route, il est recommandé que le conduit entre les tranchées traverse la route selon un angle d'environ 45° afin de réduire les forces de traction.
- Lorsque la tranchée est dépourvue d'obstacles et que les conditions locales le permettent, les câbles peuvent être déroulés à partir de la remorque de transport de câbles qui est déplacée le long de la tranchée et posés dans la tranchée. Il convient que le déroulement du câble à partir de la bobine corresponde au mouvement du véhicule vers l'avant et qu'un dispositif de freinage adapté puisse assurer que l'on ne déroule pas trop de câble. Lors du déroulement du câble, il convient de soumettre celui-ci à une tension modérée, afin de le redresser au fond de la tranchée.
- Si, en raison des conditions d'emplacement, le câble est posé sur le sol avant de creuser la tranchée, il convient de le placer selon des courbes suffisamment larges pour éviter l'apparition de courbures, torsions, pliures, compressions ou abrasions indésirables.
- Si le câble est tiré dans une tranchée au moyen d'un treuil, des rouleaux pour câbles et des rouleaux d'angle doivent être fournis en quantité suffisante pour garantir que le câble n'effleure pas le fond ou les parois de la tranchée et ne risque pas de subir des contraintes de courbure inacceptables durant l'installation. La tension d'installation doit être limitée à la tension de fonctionnement sûre du câble.
- Des mesures spéciales doivent être prises dans les zones où des affaissements de terrain sont possibles. Dans les zones où les câbles pénètrent dans des bâtiments ou des goulottes, les câbles risquent d'être pliés ou cisailés dans le bâtiment ou la goulotte si le sol s'affaisse autour du câble. Ce type d'endommagement peut être évité en adoptant des mesures de précaution consistant par exemple à réaliser des boucles de câbles, un rembourrage, des boîtes de jonction ou un remblayage et un tassement.
- Un matériau de remplissage dépourvu de pierres ou de scories (terre ou sable) peut être déposé sur le câble à plat sur le fond de la tranchée jusqu'à une hauteur d'au moins 15 cm au-dessus du câble, puis légèrement tassé et égalisé.
- Les câbles entourés de sable dans les agglomérations ou dans les zones à risques accrus peuvent être protégés de l'endommagement par des enveloppes ou des plaques de protection de câble.

C.3.6 Installation of buried cables

C.3.6.1 Installation methods

Normal buried cable installation methods, including ploughing (direct, vibratory or winched), trenching and moling can, in general, be used for direct burial of optical fibre cables, provided the cable is specifically designed for this type of application. The same depth of cover as for metallic cables is usually adequate, but traffic capacity or other considerations of security may indicate a requirement for greater depth. Where a trench method is used, back filling materials and practices may require particular consideration so that fibre strain limits are not reached during this operation.

C.3.6.2 Cables in trenches

When installing cables in trenches, the following precautions should be observed:

- The bottom of the cable trench shall offer a firm base such as compacted soil and be free from stones. If stones are present, an approximately 15 cm high layer of sand or finely sieved granular soil should be added.
- Installation depths (to the foot of the trench) are shown in table C.2 and reflect the risk associated with the application and the cost of replacement.
- The direct burial of cables under roadways in the longitudinal direction is permitted only in exceptional cases. At the crossings of roadways or installations longitudinally under roads, cables shall be protected by a cable conduit. When cables run almost parallel to a road, the conduit between trenches should cross the roadway at an angle of about 45° in order to reduce the pulling forces.
- When the cable trench is free of obstacles and where local conditions allow, the cables can be unrolled from the cable transport trailer driven along the trench and laid in the trench. The unrolling of the cable from the coil should correspond to the forward movement of the vehicle and a suitable braking device can ensure that not too much cable is unrolled. As it is unrolled, the cable should be moderately tensile loaded, in order to straighten it on the bottom of the trench.
- If, because of location conditions, the cable is laid on the ground prior to trenching, the cable should be laid out in sufficiently large curves, to ensure that no undue bends, twists, kinks, compression or abrasions occur.
- If the cable is drawn into a cable trench using a cable winch, cable rollers and corner rollers shall be provided in sufficient quantity to ensure that the cable does not graze the foot of the trench or trench walls and will not be exposed to unacceptable bending stress during installation. The installation tensile force shall be limited to the safe working load of the cable.
- Special measures shall be taken in areas where earth settling may occur. In areas where cables enter buildings or conduits, there is the danger that cables could be kinked or sheared off in the building or conduit if the soil surrounding the cable settles. Such damages can be prevented by precautionary measures such as making cable loops, padding, junction boxes or compacted backfill.
- Stone-free or slag-free filler (earth or sand) may be tipped onto the cable lying flat on the foot of the trench up to a depth of at least 15 cm above the cable, and lightly tamped and levelled.
- Sand-encased cables in built-up areas or in areas of increased hazard can be protected against damage with cable protection covers or cable cover plates.

- Lors du remplissage de la tranchée, l'équipement de compactage doit être employé uniquement lorsque la profondeur du recouvrement de câble est d'au moins 30 cm. Pour le remplissage de tranchées de câbles dans les zones de passage de routes, il convient de s'assurer de la conformité avec les réglementations locales.
- Il convient de placer une bande de signalisation en matériau résistant à la corrosion, par exemple du PVC souple, à une hauteur de 30 cm à 40 cm au-dessus du câble.

Tableau C.2 – Profondeurs d'installation minimales

Application	Profondeur d'installation m
Débit élevé / forte concentration (transport)	0,8
Débit moyen / concentration moyenne (distribution)	0,6
Débit faible / faible concentration (service / branchement)	0,5
NOTE La profondeur d'installation peut être moins grande à certains endroits, lorsque des obstacles ou des conditions de terrain spécifiques occasionnent des difficultés considérables et s'il n'existe aucune objection justifiable. Si les profondeurs sont inférieures à celles indiquées ci-dessus, les câbles doivent être pourvus d'une protection spéciale (par exemple au moyen d'une goulotte).	

C.3.6.3 Installation de câbles à la charrue

Si l'on utilise des méthodes à la charrue, il est nécessaire que la conception du matériel de guidage entre le touret et le guide de pose de câble prenne soigneusement en compte les critères de courbure de câble spécifiés et présente une faible valeur de frottement pour éviter d'imposer des contraintes excessives sur la fibre. Il n'est généralement pas nécessaire d'utiliser de système de protection contre les surcharges de traction des câbles, mais si l'on utilise une grosse charrue et en présence de bobines et de roues de guidage commandées, on peut intégrer un dispositif de tension. Une protection mécanique pour le fonctionnement au niveau de croisements de routes ou dans des situations de forte vulnérabilité peut se révéler nécessaire.

Généralement, il convient d'effectuer une ou plusieurs scarifications pour s'assurer que la voie est dégagée et que la profondeur prescrite peut être atteinte. La profondeur minimale du câble est indiquée au tableau C.2.

Il convient d'installer simultanément une bande de signalisation en matériau résistant à la corrosion, par exemple le PVC souple, à une hauteur de 30 cm à 40 cm au-dessus du câble.

C.3.6.4 Méthodes permettant d'optimiser les longueurs

A condition d'effectuer des préparations adéquates, l'installation de câbles à fibres optiques directement enterrés est normalement limitée uniquement par des obstructions et, dans un moindre mesure, par la capacité de la bobine. Cependant, lorsque, pour réaliser certaines parties d'une installation de longueur importante à la charrue, il faut traverser avec difficulté des régions caillouteuses ou rocheuses, une préparation par creusage de tranchées peut être bénéfique. Il est également possible d'employer une technique de bobine mobile pour maximiser les longueurs installées.

C.3.6.5 Marge de longueur pour raccordement

Il est important, lors de la mise en terre directe d'un câble à fibres optiques, de prévoir une longueur adéquate de câble supplémentaire au niveau des deux extrémités d'une section en vue des essais et raccordements. Il est nécessaire que cette longueur soit suffisante pour permettre la construction de joints et de reconstitutions de gaine à un emplacement de travail pratique.

- When the cable trench is filled, compacting machinery shall be employed only when coverage of the cable is at least 30 cm deep. For filling cable trenches within roadway zones, compliance with local regulations should be ensured.
- A warning strip of corrosion-proof material, e.g. soft PVC, should be placed at a distance of 30 cm to 40 cm above the cable.

Table C.2 – Minimum installation depths

Application	Installation depth m
High data rate / heavy concentration (trunk)	0,8
Medium data rate / medium concentration (distribution)	0,6
Low data rate / low concentration (service / drop)	0,5
NOTE The installation depth may be shallower in certain locations, where particular obstacles or ground conditions cause considerable difficulties and where there are no justifiable objections. Where depths are less than as shown above, the cables shall be provided with special protection (e.g. by means of a cable conduit).	

C.3.6.3 Installing cables by ploughing

When ploughing methods are used, the design of the guiding equipment between the cable reel and the cable laying guide must take careful account of specified cable bending criteria and have a low friction value to prevent fibre overstrain. Cable tensile overload protection systems are not normally necessary, but where a large ploughing machine is used and there are driven cable reels and guide wheels, a tension device can be incorporated. In-service mechanical protection at road or service crossings or in situations of high vulnerability may be felt to be necessary.

Generally a ripping pass or passes should be made to ensure that the path is clear and the required depth can be attained. The minimum cable depth is as shown in table C.2.

A warning strip of corrosion proof material, e.g. soft PVC, should be laid simultaneously at a distance of 30 cm to 40 cm above the cable.

C.3.6.4 Methods to maximize lengths

Provided proper preparations are made, the direct buried installation of optical fibre cables is normally only limited by obstructions and, to a lesser extent, by the reel capacity. However, where some parts of a long length ploughed installation involve difficult ploughing through stony or rocky sections, preparation by trenching can be beneficial. A moving reel technique may also be used to maximize lengths installed.

C.3.6.5 Jointing length allowance

It is important, when installing directly buried optical fibre cables, to make proper arrangement for an adequate extra length of cable at both ends of a section for testing and jointing. This length must be sufficient to enable construction of joints and sheath closures at a convenient work position.

C.3.7 Installation dans des situations particulières

C.3.7.1 Tunnel et orifice d'entrée de bâtiments

Le treuillage de câbles optiques au moyen de méthodes de tirage en tête ou de tirage réparti, dans un tunnel ou des orifices d'entrée de bâtiment, peut être considéré comme un cas particulier de câblage dans une conduite, et les méthodes et considérations indiquées en C.3.4 s'appliquent. Cependant, lorsque le câble est déployé et déplacé à la main sur des plateaux ou supports, il faut s'assurer que la géométrie du support et les opérations de manipulation n'enfreignent pas les critères de courbure spécifiés. Il est nécessaire que les serre-câbles et systèmes de fixation soient adaptés à l'utilisation avec des câbles à fibres optiques.

C.3.7.2 Colonnes montantes

Le câblage à fibres optiques, dans les colonnes montantes des bâtiments, peut être réalisé à l'aide de méthodes de pose classiques, mais il convient de s'assurer que les systèmes de fixation et les serre-câbles sont conçus spécifiquement pour ce type de câble et ne transmettent pas de contrainte à la fibre.

C.3.7.3 Ponts

Les considérations normales relatives à la pose de câbles métalliques s'appliquent également aux câbles à fibres optiques mais avec des précautions additionnelles pour contrecarrer le mouvement du câble dans les sections abruptes ou verticales. Ce type de mouvement, qui peut être produit par les vibrations dues au trafic, est susceptible d'engendrer des contraintes excessives sur les fibres et il convient d'appliquer des restrictions adaptées au niveau du câble.

C.3.7.4 Installation sous l'eau

Quand il est nécessaire de placer un câble à fibres optiques sous l'eau, pour traverser un fleuve ou un lac, il est indispensable que le câble ait été construit à cet effet. Il convient de fournir, dans la mesure du possible, une longueur continue afin d'éviter les raccords sous l'eau. De plus, il est recommandé que l'inclinaison du câble suivant le lit du fleuve ou la berge du lac soit aussi faible que possible pour éviter le déplacement des fibres dans le câble. Un câble sous l'eau peut être soumis à des degrés de mouvement importants dans tous les plans, produisant une contrainte excessive sur les fibres, et il convient de prendre des mesures pour restreindre ce mouvement, par le creusage de tranchées, la stabilisation par sacs de sable, l'utilisation de conduites, etc.

C.3.8 Installation de câbles intérieurs

C.3.8.1 Considérations générales

A l'intérieur des bâtiments, différents types de construction de câbles à fibres optiques peuvent être utilisés et il est important de s'assurer que l'on utilise le type le plus approprié pour chaque partie du réseau intérieur. Les critères de courbure du câble entrant peuvent être plus stricts que pour les types intérieurs et il peut être avantageux, dans la mesure du possible, de placer le matériel de terminaison de ligne à proximité de l'entrée de câble du bâtiment ou d'une colonne montante.

C.3.8.2 Cheminement des câbles

Lorsque les câbles cheminent le long du sol, un trajet court en ligne droite, avec des traversées de câbles, est préférable à un contournement des murs, afin d'éviter les courbures trop accentuées. Pour les installations dans le sol, l'aménagement de type ordinateur est normalement satisfaisant. Il est préférable d'utiliser des câbles non renforcés pour les interconnexions ou les plateaux mais il faut s'assurer que les points de virage sont correctement construits, de façon à respecter les critères de courbure du câble. Pour les installations avec conduits, il convient d'amener les câbles et non de les pousser, pour éviter le risque de pliure.

C.3.7 Installation in special situations

C.3.7.1 Tunnel and building lead-in

Winching optical cable by end-pull or distributed methods in tunnel or building leads-ins can be considered a special case of cabling in duct, and the methods and considerations indicated in C.3.4 apply. However, where cable is laid out and manhandled onto trays or bearers, care must be taken to ensure that support geometry and handling operations do not contravene specified bending criteria. Cleating and fixing systems must be suitable for use with optical fibre cables.

C.3.7.2 Building risers

Optical fibre cabling in the vertical risers of buildings can be accomplished using normal placing methods, but care should be taken to ensure that fixing and cleating systems are designed specifically for this type of cable and do not transmit stress to the fibre.

C.3.7.3 Bridges

The normal considerations for placing metallic cables also apply to optical fibre cables but with additional care required to counter cable movement in steep approach sections or vertical sections. This type of movement, which can be produced by traffic vibrations, could lead to excessive fibre strain and suitable cable restraints should be used.

C.3.7.4 Underwater

Where it is necessary to place an optical fibre cable underwater in river crossings or in lakes, the cable must be constructed for this purpose. A continuous length should be provided where possible to avoid underwater joints. In addition, the gradient of the cable route down the river bed or lake shore should be as gentle as possible to avoid the fibre moving within the cable. Underwater cables can be subjected to large degrees of movement on all planes, producing fibre overstrain, and measures to restrict this movement by the use of trenching, sandbagging, ducts, etc., should be taken.

C.3.8 Installation of indoor cables

C.3.8.1 General considerations

Within buildings, various types of optical fibre cable construction can be used, and it is important to ensure that the most appropriate type for each part of the indoor network is employed. It may be that the bending criteria of the incoming cable are more stringent than for internal types and it may be advantageous, where possible, to site line-terminating equipment near the building cable entry or a cable riser.

C.3.8.2 Cable routing

Where cables are routed along the floor, a short straight route is preferable with the cable passing through rather than around walls to avoid sharp bends. For within-floor installation, computer type flooring is normally satisfactory. Non-ruggedized cable is best run in trunking or trays, but care must be taken to ensure that turning points are properly constructed so that cable bending criteria can be complied with. For conduit installations, cables should be drawn in and not pushed in so as to avoid the risk of kinking.

Lorsqu'un câble est directement fixé aux murs, il faut s'assurer que des serre-câbles et des brides adaptés sont utilisés et qu'ils ne sont pas trop tendus. La plupart des poses de câbles à fibres optiques à l'intérieur se font manuellement et il convient de garder à l'esprit le risque concomitant de contrainte excessive sur la fibre durant cette manipulation.

Il convient de sceller d'une manière homologuée les conduites d'incendie, les prises de gaz, les traversées de plancher et les conduits d'entrée du bâtiment installés ou ouverts durant l'installation afin d'empêcher la pénétration de gaz, d'eau ou de corps étrangers. Il convient de maintenir l'intégrité de toutes les barrières.

C.3.8.3 Espaces confinés

Lorsque l'éventualité d'un travail en espace confiné existe, il convient d'observer les précautions indiquées en C.3.2.

C.3.9 Systèmes par soufflage

Dans les systèmes par soufflage, l'infrastructure du réseau est créée en installant, par la méthode de câblage la plus appropriée, un ou plusieurs tubes en plastique vides. Ultérieurement, lorsque le besoin de circuits apparaît, les fibres ou les câbles peuvent être soufflés à l'intérieur des tubes par de l'air comprimé. Généralement, les fibres sont spécialement encapsulées ou munies d'une gaine.

Il existe plusieurs types de systèmes de soufflage mais, en général, tous nécessitent une combinaison correcte entre fibre ou câble, tube et méthode de soufflage. Il convient de suivre fidèlement les recommandations du fabricant, non seulement durant l'installation du tube et de la fibre ou du câble, mais également lors de la planification du trajet, en tenant compte de la longueur maximale du cheminement, du nombre de coudes et de la distance entre les coudes.

L'installation est généralement réalisée en deux phases, d'abord l'installation de l'infrastructure tubulaire, puis l'installation de la fibre.

C.3.9.1 Installation des tubes

Les tubes intérieurs et les tubes destinés aux systèmes de fibres à soufflage sont généralement légers et leur cheminement est relativement court; ainsi, leur installation ne nécessite pas l'utilisation d'un matériel de tirage ou d'un treuil et des longueurs moyennes peuvent être installées manuellement.

Les tubes extérieurs peuvent être plus importants, plus lourds ou plus grands que les tubes intérieurs et ils sont installés sur des longueurs plus importantes. Ils peuvent être installés en appliquant des procédures de pose standard.

Certains tubes peuvent requérir des procédures de manipulation spéciales afin de protéger l'intégrité de la paroi intérieure, mais, en général, il est recommandé d'observer les précautions suivantes:

- ne pas s'appuyer sur les tubes ou les écraser, ce qui pourrait provoquer des problèmes lors de la phase de soufflage de la fibre;
- ne pas courber le tube ni provoquer une courbure à des diamètres inférieurs à ceux spécifiés par le fournisseur;
- ne pas étirer le tube en tentant d'installer des longueurs excessives ou en utilisant un matériel de déroulement défectueux;
- ne pas tordre le tube: le dérouler en tournant le touret de déroulement et non pas en le faisant passer par-dessus une joue;
- empêcher toute pénétration d'eau ou de poussière dans le tube. Sceller les tubes, si nécessaire, avant l'installation;