

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60794-1-1**

Deuxième édition  
Second edition  
2001-07

---

---

**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 60794-1-1:2001

## Numérotation des publications

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

## Editions consolidées

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

## Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

- **Site web de la CEI ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))**
- **Catalogue des publications de la CEI**

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

- **IEC Just Published**

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

- **Service clients**

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

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tél: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

## Publication numbering

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

## Consolidated editions

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

## Further information on IEC publications

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

- **IEC Web Site ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))**
- **Catalogue of IEC publications**

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

- **IEC Just Published**

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

- **Customer Service Centre**

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

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC

60794-1-1

Deuxième édition  
Second edition  
2001-07

---

---

**Câbles à fibres optiques –**

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

**Optical fibre cables –**

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

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

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

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

International Electrotechnical Commission  
Telefax: +41 22 919 0300

e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland  
IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

V

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

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	4
1 Domaine d'application .....	8
2 Références normatives.....	8
3 Définitions.....	10
4 Câbles à fibres optiques .....	12
5 Matériaux.....	12
5.1 Nature de la fibre .....	12
5.2 Conducteurs électriques.....	14
5.3 Autres matériaux.....	14
5.4 Prescriptions relatives à l'environnement.....	14
6 Construction du câble.....	14
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 .....	18
11 Méthodes de mesure relatives aux caractéristiques optiques et de transmission .....	20
12 Méthodes de mesure relatives aux caractéristiques environnementales .....	22
13 Méthodes de mesure relatives à la caractérisation des éléments de câbles.....	22
 Annexe A (informative) Guide pour l'installation des câbles à fibres optiques.....	 24
A.1 Généralités.....	24
A.2 Planification d'installation.....	24
A.3 Méthodes d'installation de câbles.....	32
A.4 Protection contre la foudre.....	54
 Annexe B (informative) Guide des effets de l'hydrogène dans les câbles à fibres optiques....	 56
B.1 Généralités.....	56
B.2 Evaluation des effets induits par l'hydrogène.....	56
B.3 Effets de l'hydrogène dans les câbles à fibres optiques.....	58
 Annexe C (informative) Guide pour les applications spécifiques définies de l'affaiblissement des fibres câblées.....	 62
 Bibliographie .....	 64

CONTENTS

FOREWORD ..... 5

1 Scope ..... 9

2 Normative references ..... 9

3 Definitions ..... 11

4 Optical fibre cables ..... 13

5 Materials ..... 13

    5.1 Optical fibre material ..... 13

    5.2 Electrical conductors ..... 15

    5.3 Other materials ..... 15

    5.4 Environmental requirements ..... 15

6 Cable construction ..... 15

7 Measuring methods – General ..... 15

8 Measuring methods for dimensions ..... 15

9 Measuring methods for mechanical characteristics ..... 17

10 Measuring methods for electrical characteristics ..... 19

11 Measuring methods for transmission and optical characteristics ..... 21

12 Measuring methods for environmental characteristics ..... 23

13 Measuring methods for cable element characterisation ..... 23

Annex A (informative) Guide to the installation of optical fibre cables ..... 25

    A.1 General ..... 25

    A.2 Installation planning ..... 25

    A.3 Cable installation methods ..... 33

    A.4 Lightning protection ..... 55

Annex B (informative) Guide to hydrogen effects in optical fibre cables ..... 57

    B.1 General ..... 57

    B.2 Evaluation of hydrogen induced effects ..... 57

    B.3 Hydrogen effects in optical fibre cables ..... 59

Annex C (informative) Guide to specific defined applications of cabled fibre attenuation ..... 63

Bibliography ..... 65

# 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, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 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 deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 1999 et constitue une révision technique.

La présente norme doit être utilisée conjointement avec la CEI 60794-1-2.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86A/683/FDIS	86A/715/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les annexes informatives A «Guide pour les câbles à fibres optiques pour liaison de courtes distances» et B «Guide pour l'approvisionnement en câble à fibres optiques» présentes dans l'édition 1 sont supprimées dans l'édition 2. Conformément aux règles de la CEI, les annexes informatives C «Guide pour l'installation de câbles à fibres optiques», D «Guide des effets de l'hydrogène dans les câbles à fibres optiques» sont renommées A et B, puis l'annexe informative E «Guide pour les applications définies spécifiques de l'affaiblissement de fibres câblées» est nommée C.

## 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 specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 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 second edition cancels and replaces the first edition, published in 1999, and constitutes a technical revision.

This standard shall be used in conjunction with IEC 60794-1-2.

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

FDIS	Report on voting
86A/683/FDIS	86A/715/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Informative annexes A “Guide for optical fibre cables for short distance links” and B “Guide to the procurement of optical fibre cables” existing in Edition 1 are deleted in Edition 2. In accordance with IEC status, informative annexes C “Guide to the installation of optical fibre cables”, D “Guide to hydrogen effects in optical fibre cables” are renamed A and B, then informative annex E “Guide to specific defined application of cabled fibre attenuation” is named C.

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

La CEI 60794 est 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: Spécification de produit (câble intérieur)

Partie 3: Spécification intermédiaire – Câbles extérieurs

Partie 4: Câbles pour lignes aériennes <sup>1)</sup>

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2005. A cette date, la publication sera:

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

---

<sup>1)</sup> A l'étude.

Annexes A, B and C are for information only.

IEC 60794 consists 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: Product specification (internal cable)

Part 3: Sectional specification – External cables

Part 4: Overhead cables <sup>1)</sup>

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2005. At this date, the publication will be

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

---

<sup>1)</sup> Under consideration.

## CÂBLES À FIBRES OPTIQUES –

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

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60794 s'applique 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.

Elle a pour objet d'établir des prescriptions génériques uniformes relatives aux 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.

#### 2 Références normatives

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 – Première partie: Méthodes générales d'essai et de vérification*

CEI 60331-11:1999, *Essais de câbles électriques soumis au feu – Intégrité des circuits – Partie 11: Appareillage – Incendie seul avec flamme à une température d'au moins 750 °C*

CEI 60331-21:1999; *Essais de câbles électriques soumis au feu – Intégrité des circuits – Partie 21: Procédures et prescriptions – Câbles de tension assignée jusque et y compris 0,6/1,0 kV*

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 mesurage du pH et de la conductivité*

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

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

## OPTICAL FIBRE CABLES –

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

#### 1 Scope

This part of 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.

#### 2 Normative references

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 IEC and ISO 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 60331-11:1999, *Tests for electric cables under fire conditions – Circuit integrity – Part 11: Apparatus – Fire alone at a flame temperature of at least 750 °C*

IEC 60331-21:1999, *Tests for electric cables under fire conditions – Circuit integrity – Part 21: Procedures and requirements – Cables of rated voltage up to and including 0,6/1,0 kV*

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*

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

CEI 60793-1-20:2001, *Fibres optiques – Partie 1-20: Mesures et procédures d'essai, Méthodes de mesures de la géométrie de la fibre*

CEI 60793-1-21:2001, *Fibres optiques – Partie 1-21: Mesures et procédures d'essai, Méthodes de mesures de la géométrie du revêtement*

CEI 60793-1-22:2001, *Fibres optiques – Partie 1-22: Mesures et procédures d'essai, Méthodes de mesures de la longueur*

CEI 60793-1-40:2001, *Fibres optiques – Partie 1-40: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Affaiblissement*

CEI 60793-1-41:2001, *Fibres optiques – Partie 1-41: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Largeur de bande*

CEI 60793-1-42:2001, *Fibres optiques – Partie 1-42: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Dispersion chromatique*

CEI 60793-1-43:2001, *Fibres optiques – Partie 1-43: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Ouverture numérique*

CEI 60793-1-44:2001, *Fibres optiques – Partie 1-44: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Longueur d'onde de coupure*

CEI 60793-1-45:2001, *Fibres optiques – Partie 1-45: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Diamètre du champ de mode*

CEI 60793-1-46:2001, *Fibres optiques – Partie 1-46: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Contrôle des variations du facteur de transmission optique*

CEI 60793-2:1998, *Fibres optiques – Partie 2: Spécifications de produits*

CEI 60794-1-2:1999, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-2: Spécification générique – Procédures de base applicables aux essais des câbles optiques*

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 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 de fumées dégagées par des câbles brûlant dans des conditions définies – Partie 1: Appareillage d'essai*

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

### **3 Définitions**

A l'étude.

IEC 60793-1-20:2001, *Optical Fibres – Part 1-20: Measurement and test procedures – Fibre geometry measurement methods*

IEC 60793-1-21:2001, *Optical Fibres – Part 1-21: Measurement and test procedures – Coating geometry measurement methods*

IEC 60793-1-22:2001, *Optical Fibres – Part 1-22: Measurement and test procedures – Length measurement methods*

IEC 60793-1-40:2001, *Optical fibres – Part 1-40: Measurement methods and test procedures – Attenuation*

IEC 60793-1-41:2001, *Optical fibres – Part 1-41: Measurement methods and test procedures – Bandwidth*

IEC 60793-1-42:2001, *Optical fibres – Part 1-42: Measurement methods and test procedures – Chromatic dispersion*

IEC 60793-1-43:2001, *Optical fibres – Part 1-43: Measurement methods and test procedures – Numerical aperture*

IEC 60793-1-44:2001, *Optical fibres – Part 1-44: Measurement methods and test procedures – Cut-off wavelength*

IEC 60793-1-45:2001, *Optical fibres – Part 1-45: Measurement methods and test procedures – Mode field diameter*

IEC 60793-1-46:—, *Optical fibres – Part 1-46: Measurement and test procedures – Monitoring of changes in optical transmittance*

IEC 60793-2:1998, *Optical fibres – Part 2: Product specifications*

IEC 60794-1-2:1999, *Optical fibre cables – Part 1-2: Generic specification – Basic optical cable test procedures*

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

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 requirement*

### **3 Definitions**

Under consideration.

## 4 Câbles à fibres optiques

Les câbles à fibres optiques, constitués de fibres optiques et éventuellement de conducteurs électriques, regroupent les types énumérés ci-dessous:

- câbles à enterrer directement;
- câbles installés dans des canalisations;
- câbles installés dans des galeries;
- câbles aériens;
- câbles immergés pour lacs et rivières;
- câbles intérieurs;
- câbles mobiles;
- câbles pour équipements;
- câbles à usage spécial.

## 5 Matériaux

### 5.1 Nature de la fibre

Les fibres optiques doivent satisfaire aux prescriptions de la CEI 60793-1-1 et de la CEI 60793-2.

L'affaiblissement maximal des fibres câblées à température ambiante pour chacun des types de fibres, sauf indication contraire, doit être comme indiqué ci-après:

**Tableau 1 – Affaiblissement maximal des fibres câblées (dB/km)**

Type de fibre	Longueur d'onde nm				
	850	1 300	1 310	1 550	1 625
A1a (50/125 µm)	3,5	1,5	–	–	–
A1b (62,5/125 µm)	3,5	1,5	–	–	–
A1d (100/140 µm)	7,0	4,5	–	–	–
A2, A3, A4 (toutes catégories)	AE*	AE	–	–	–
B1.1 (dispersion non décalée)	–	–	0,40	0,35	0,40
B1.2 (perte minimisée inchangée)	–	–	NA*	0,30	AE
B2 (dispersion décalée)	–	–	0,50	0,35	AE
B3 (dispersion plate)	–	–	1,00	0,50	NA
B4 (dispersion non nulle)	–	–	NA	0,35	0,40
*AE: A l'étude *NA: Non applicable					

## 4 Optical fibre cables

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

- cables for direct burial;
- cables for installation in ducts;
- cables for installation in tunnels;
- overhead cables;
- underwater cables for lakes and river crossings;
- indoor cables;
- portable cables;
- equipment cables;
- special purpose cables.

## 5 Materials

### 5.1 Optical fibre material

Optical fibres shall meet the requirements of IEC 60793-1-1 and 60793-2.

The maximum room temperature cabled fibre attenuation for each of the fibre types, unless otherwise specified, shall be as follows:

**Table 1 – Maximum cabled fibre attenuation (dB/km)**

Fibre type	Wavelength nm				
	850	1 300	1 310	1 550	1 625
A1a (50/125 µm)	3,5	1,5	–	–	–
A1b (62,5/125 µm)	3,5	1,5	–	–	–
A1d (100/140 µm)	7,0	4,5	–	–	–
A2, A3, A4 (all categories)	UC*	UC	–	–	–
B1.1 (dispersion unshifted)	–	–	0,40	0,35	0,40
B1.2 (loss minimized unshifted)	–	–	NA*	0,30	UC
B2 (dispersion shifted)	–	–	0,50	0,35	UC
B3 (dispersion flattened)	–	–	1,00	0,50	NA
B4 (non-zero dispersion)	–	–	NA	0,35	0,40
* UC: Under consideration					
* NA: Not applicable					

Les valeurs d'affaiblissement unimodales sont harmonisées avec les recommandations UIT applicables. L'annexe C donne une information pour des applications spécifiques définies de l'affaiblissement des fibres câblées.

La bande passante modale câblée des fibres de type A est supposée être la même que la bande passante modale aussi bien fabriquée que mesurée par le fournisseur de la fibre. La bande passante modale câblée des fibres de type B n'est pas définie.

## **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.

## **5.4 Prescriptions relatives à l'environnement**

Si demandé, l'information doit être fournie sur l'impact global relatif à l'environnement du câble et du matériel du câble. Il convient que cette information inclue la fabrication, la manipulation du câble, et l'impact relatif à l'environnement pendant la durée de vie du câble. Le fabricant doit démontrer la conformité avec des réglages applicables à la fin de vie.

## **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.

## **7 Méthodes de mesure – Généralités**

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

Les caractéristiques intrinsèques des fibres optiques ne sont normalement pas mesurées par les fabricants de câbles. Les valeurs appropriées sont fournies par les fabricants de fibres optiques, en 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 sur des échantillons soumis 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.

Single-mode attenuation values are harmonised with the applicable ITU Recommendations. Annex C gives information for specific defined applications of cabled fibre attenuation.

The cabled modal bandwidth of type A fibres is considered to be the same as the "as manufactured" modal bandwidth as measured by the fibre supplier. The cabled modal bandwidth of type B fibres is not defined.

## **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.

## **5.4 Environmental requirements**

When requested, information shall be provided on the overall environmental impact of the cable and cable material. This information should include manufacturing, cable handling and environmental impact during the lifetime of the cable. The manufacturer shall demonstrate compliance with applicable end-of-life regulations.

## **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 detail specification.

## **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, 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 2. The tests applied, acceptance criteria and number of samples shall be as specified in the detail specification.

**Tableau 2 – Méthodes de mesure relatives aux dimensions**

Méthode d'essai	Essai	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
CEI 60793-1-20 méthode A	Champ proche réfracté (voir note 1)	Diamètre du cœur (voir notes 3, 4 et 5) Diamètre de la gaine Non-circularités
CEI 60793-1-20 méthode B	Interférométrie transversale	Erreurs de concentricité
CEI 60793-1-20 méthode C	Répartition de la lumière en champ proche (voir note 2)	Diamètre du cœur (voir notes 3, 4 et 5) Diamètre de la gaine Non-circularités Erreurs de concentricité
CEI 60793-1-21 méthode A	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 60793-1-20 méthode D	Mesure mécanique du diamètre	Diamètre de la gaine Diamètre du revêtement primaire Diamètre du revêtement protecteur Non-circularités
CEI 60793-1-22 méthode A	Retard d'impulsion transmise et/ou réfléchi	Longueur de la fibre
CEI 60793-1-22 méthode B	Technique de rétrodiffusion	Longueur de la fibre
CEI 60189-1	Mécanique	Diamètre du conducteur électrique
CEI 60811-1-1 CEI 60189-1	Mécanique	Épaisseur de l'isolant – conducteurs électriques Épaisseur des gaines Dimensions d'ensemble
<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>NOTE 4 Pour des raisons pratiques, le diamètre du cœur des fibres unimodales n'est normalement pas spécifié.</p> <p>NOTE 5 Une définition du diamètre du cœur des fibres unimodales est à l'étude.</p>		

## 9 Méthodes de mesure relatives aux caractéristiques mécaniques

Les caractéristiques mécaniques des câbles à fibres optiques doivent être vérifiées en soumettant les échantillons aux essais choisis dans le tableau 3. Les essais appliqués, les critères d'acceptation et le nombre d'échantillons doivent être ceux indiqués dans la spécification particulière.

**Table 2 – Measuring methods for dimensions**

Test method	Test	Characteristics covered by test method
IEC 60793-1-20 method A	Refracted near field (see note 1)	Diameter of core (see notes 3, 4 and 5) Diameter of cladding Non-circularities
IEC 60793-1-20 method B	Transverse interference	Concentricity errors
IEC 60793-1-20 method C	Near-field light distribution (see note 2)	Diameter of core (see notes 3, 4 and 5) Diameter of cladding Non-circularities Concentricity errors
IEC 60793-1-21 method A	Side view light distribution for primary coating	Diameter of primary coating Non-circularity of primary coating Concentricity error of primary coating
IEC 60793-1-20 method D	Mechanical diameter measurement	Diameter of cladding Diameter of primary coating Diameter of buffer Non-circularities
IEC 60793-1-22 method A	Delay of transmitted and/or reflected pulse	Length of fibre
IEC 60793-1-22 method B	Backscattering technique	Length of fibre
IEC 60189-1	Mechanical	Diameter of electrical conductor
IEC 60811-1-1 IEC 60189-1	Mechanical	Thickness of insulation – electrical conductors Thickness of sheaths Overall dimensions
<p>NOTE 1 The refracted near field technique is a direct application of 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.</p> <p>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 core diameter.</p> <p>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.</p> <p>NOTE 4 For practical reasons, the core diameter of single-mode fibres is not normally specified.</p> <p>NOTE 5 A definition of the core diameter of single-mode fibres is under consideration.</p>		

## 9 Measuring methods for mechanical characteristics

The mechanical characteristics of optical fibre cables shall be verified by subjecting samples to tests selected from table 3. The tests applied, acceptance criteria and number of samples shall be as specified in the detail specification.

**Tableau 3 – Méthodes de mesure relatives aux caractéristiques mécaniques**

Méthode d'essai	Essai	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
CEI 60794-1-2E1	Résistance à la traction	
CEI 60794-1-2E2	Abrasion	
CEI 60794-1-2E3	Ecrasement	Résistance mécanique
CEI 60794-1-2E4	Chocs	
CEI 60794-1-2E13	Détérioration par «plombs de chasse»	
CEI 60794-1-2E18	Courbure sous traction	
CEI 60794-1-2E19	Vibration éolienne et mouvement de galop*	
CEI 60794-1-2E6	Courbures répétées	
CEI 60794-1-2E7	Torsion	
CEI 60794-1-2E8	Flexions	Facilité de manipulation
CEI 60794-1-2E10	Pliure	
CEI 60794-1-2E11	Pliage	
CEI 60794-1-2E12	Résistance à la coupure	
CEI 60794-1-2E14	Ecoulement (égouttement) des matériaux de remplissage	
CEI 60794-1-2E15	Exsudation et volatilité	
CEI 60794-1-2E17	Raideur	
CEI 60794-1-2E18	Courbure sous traction	
CEI 60794-1-2E20*	Performance d'enroulement du câble	
* 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 4 indique les essais typiques. Les essais appliqués et les critères d'acceptation doivent être ceux indiqués dans la spécification particulière.

**Tableau 4 – 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

**Table 3 – Measuring methods for mechanical characteristics**

Test method	Test	Characteristics covered by test method
IEC 60794-1-2-E1	Tensile performance	
IEC 60794-1-2E2	Abrasion	
IEC 60794-1-2E3	Crush	Mechanical strength
IEC 60794-1-2E4	Impact	
IEC 60794-1-2E13	Shot-gun damage	
IEC 60794-1-2E18	Bending under tension	
IEC 60794-1-2E19	Aeolian vibration and galloping *	
IEC 60794-1-2E6	Repeated bending	
IEC 60794-1-2E7	Torsion	
IEC 60794-1-2E8	Flexing	Ease of handling
IEC 60794-1-2E10	Kink	
IEC 60794-1-2E11	Bend	
IEC 60794-1-2E12	Cut-through resistance	
IEC 60794-1-2E14	Compound flow (drip)	
IEC 60794-1-2E15	Bleeding and evaporation	
IEC 60794-1-2E17	Stiffness	
IEC 60794-1-2E18	Bending under tension	
IEC 60794-1-2E20*	Cable coiling performance	
* 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 4. The tests applied and the acceptance criteria shall be as laid down in the detail specification.

**Table 4 – Measuring methods for electrical characteristics**

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

## 11 Méthodes de mesure relatives aux caractéristiques optiques et de transmission

Les caractéristiques optiques et de transmission des câbles à fibres optiques doivent être vérifiées par la réalisation d'essais choisis parmi ceux du tableau 5. Les essais appliqués et les critères d'acceptation doivent être ceux indiqués dans la spécification particulière.

**Tableau 5 – Caractéristiques optiques et de transmission des fibres optiques**

Méthode d'essai	Essai	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
<b>Méthodes d'essai pour les fibres multimodales et unimodales</b>		
CEI 60793-1-40 méthode A	Méthode de la fibre coupée	Affaiblissement
CEI 60793-1-40 méthode B	Méthode des pertes d'insertion	
CEI 60793-1-40 méthode C	Technique de rétrodiffusion	
CEI 60793-1-20 méthode A	Champ proche réfracté	Profil d'indice de réfraction
CEI 60793-1-20 méthode B	Interférométrie transversale	
CEI 60793-1-20 méthode C	Répartition de la lumière en champ proche	
CEI 60793-1-40 méthode C	Technique de rétrodiffusion	Défauts ponctuels
CEI 60793-1-C4	Energie lumineuse transmise ou rayonnée	Continuité optique
CEI 60793-1-40 méthode C	Technique de rétrodiffusion	
CEI 60793-1-42 méthode A	Méthode de déphasage	Dispersion chromatique
CEI 60793-1-42 méthode B	Méthode du temps de propagation de groupe dans le domaine temporel	
CEI 60793-1-46 méthode A CEI 60793-1-46 méthode B	Contrôle en puissance transmise Contrôle en rétrodiffusion	Modification de la transmission optique durant les essais mécaniques et d'environnement
<b>Méthodes d'essai pour les fibres multimodales</b>		
CEI 60793-1-41 méthode A	Réponse impulsionnelle	Largeur de bande
CEI 60793-1-41 méthode B	Réponse fréquentielle	
CEI 60793-1-43	Répartition de la lumière en champ lointain	Ouverture numérique
<b>Méthodes d'essai pour les fibres unimodales</b>		
CEI 60793-1-C3A**	Tambour expansible	Sensibilité aux micro-courbures
CEI 60793-1-C3B**	Tambour à diamètre fixe	
CEI 60793-1-47	Sensibilité aux macro-courbures	Sensibilité aux macro-courbures
CEI 60793-1-42 méthode C	Déphasage différentiel	Dispersion chromatique
CEI 60793-1-42 méthode D	Interférométrie *	
CEI 60793-1-44 méthode A	Longueur d'onde de coupure	Longueur d'onde de coupure d'une fibre
CEI 60793-1-44 méthode B	Longueur d'onde de coupure en câble (Longueur d'onde de coupure de câble de connexion)*	Longueur d'onde de coupure d'une fibre câblée
CEI 60793-1-45 méthode A	Exploration directe du champ lointain	Diamètre du champ de mode
CEI 60793-1-45 méthode B	Technique de l'ouverture variable en champ lointain	
CEI 60793-1-45 méthode C	Exploration en champ proche	
* A l'étude.		
** Doit être remplacé par la CEI TR 62221[1] <sup>2)</sup> .		

<sup>2)</sup> Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

## 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 5. The tests applied and acceptance criteria shall be as specified in the detail specification.

**Table 5 – Transmission and optical characteristics of optical fibres**

Test method	Test	Characteristics covered by the test method
<b>Test methods of multimode and single-mode fibres</b>		
IEC 60793-1-40 method A	Cut-back technique	Attenuation
IEC 60793-1-40 method B	Insertion loss technique	
IEC 60793-1-40 method C	Backscattering technique	
IEC 60793-1-20 method A	Refracted near field method	Refractive index profile
IEC 60793-1-20 method B	Transverse interference method	
IEC 60793-1-20 method C	Near field light distribution	
IEC 60793-1-40 method C	Backscattering technique	Point defects
IEC 60793-1-C4	Transmitted or radiated light power	Optical continuity
IEC 60793-1-40 method C	Backscattering technique	
IEC 60793-1-42 method A	Phase-shift method	Chromatic dispersion
IEC 60793-1-42 method B	Spectral group delay measurement in the time domain	
IEC 60793-1-46 method A IEC 60793-1-46 method B	Transmitted power monitoring Backscattering monitoring	Change of optical transmittance during mechanical and environmental tests
<b>Test methods of multimode fibres</b>		
IEC 60793-1-41 method A	Impulse response	Bandwidth
IEC 60793-1-41 method B	Frequency response	
IEC 60793-1-43	Far-field light distribution	Numerical aperture
<b>Test methods of single-mode fibres</b>		
IEC 60793-1-C3A**	Expandable drum	Microbending sensitivity
IEC 60793-1-C3B**	Fixed diameter drum	
IEC 60793-1-47	Macrobending sensitivity	Macrobending sensitivity
IEC 60793-1-42 method C	Differential phase shift	Chromatic dispersion
IEC 60793-1-42 method D	Interferometry *	
IEC 60793-1-44 method A	Cut-off wavelength	Fibre cut-off wavelength
IEC 60793-1-44 method B	Cable cut-off wavelength (jumper cable cut-off wavelength) *	Cabled fibre cut-off wavelength
IEC 60793-1-45 method A	Direct far-field scan	Mode field diameter
IEC 60793-1-45 method B	Variable aperture in the far field	
IEC 60793-1-45 method C	Near field scan	
* Under consideration.		
** To be supplemented by IEC TR 62221[1] <sup>2)</sup>		

<sup>2)</sup> Figures in square brackets refer to the bibliography.

## 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 sur des échantillons soumis à des essais choisis dans le tableau 6. 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 6 – Méthodes de mesure relatives aux caractéristiques environnementales**

Méthode d'essai	Essai	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
CEI 60331-11 et CEI 60331-21 CEI 60332-1 et CEI 60332-3 CEI 60754-1 et CEI 60754-2 CEI 61034-1 et CEI 61034-2	Tenue au feu	Comportement d'un câble soumis au feu
CEI 60794-1-2F1	Cycles de température	Comportement climatique
CEI 60794-1-2F3 *	Intégrité de la gaine	Défauts de gaine
CEI 60794-1-2F5	Pénétration d'eau	Résistance à la pénétration d'eau
CEI 60794-1-2F7	Rayonnement nucléaire	Résistance aux rayonnements nucléaires
CEI 60794-1-2F8	Résistance pneumatique	Pression gazeuse
CEI 60794-1-2F9 *	Vieillessement	Exposition à l'environnement
CEI 60794-1-2F10	Pression hydrostatique	Résistance des câbles immergés à la pression hydrostatique
CEI 60794-1-2E5	Stabilité de la force de dénudage des fibres câblées	Dénudage de fibre
* A l'étude.		

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

Les essais indiqués au tableau 7 sont destinés à donner les caractéristiques des différents types d'éléments de câble pour la réalisation des épissures.

**Tableau 7 – Méthodes de mesure relatives à la caractérisation des éléments de câbles**

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

## 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 6. The tests applied, the relevant temperatures and conditions, the number of samples and acceptance criteria shall be as stated in the detail specification.

**Table 6 – Measuring methods for environmental characteristics**

Test method	Test	Characteristics covered by test method
IEC 60331-11 and IEC 60331-21 IEC 60332-1 and IEC 60332-3 IEC 60754-1 and IEC 60754-2 IEC 61034-1 and IEC 61034-2	Fire performance	Cable performance under fire conditions
IEC 60794-1-2F1	Temperature cycling	Climatic characteristics
IEC 60794-1-2F3 *	Sheath integrity	Sheath defects
IEC 60794-1-2F5	Water penetration	Resistance to water penetration
IEC 60794-1-2F7	Nuclear radiation	Resistance to nuclear radiation
IEC 60794-1-2F8	Pneumatic resistance	Gas pressurisation
IEC 60794-1-2F9 *	Ageing	Environmental exposure
IEC 60794-1-2F10	Hydrostatic pressure	Underwater cable resistance to hydrostatic pressure
IEC 60794-1-2E5	Stripping force stability of cabled fibres	Fibre stripping
* Under consideration.		

## 13 Measuring methods for cable element characterisation

The tests shown in table 7 are intended to characterise the different types of cable elements for splicing purposes.

**Table 7 –Measuring methods for cable element characterisation**

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

## **Annexe A** (informative)

### **Guide pour l'installation des câbles à fibres optiques**

#### **A.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 assister 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 des pratiques et des matériels d'installation classiques, dans la mesure du possible. Ils présentent, cependant, une limite de contrainte plutôt inférieure à celle des câbles à conducteurs métalliques et, dans certaines circonstances, un soin et des dispositions spécifiques 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 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.

#### **A.2 Planification d'installation**

##### **A.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 favorisée 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 cheminements de câbles, des dangers potentiels et 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 le génie civil, la préparation du cheminement (y compris les chambres de tirage, les travaux sur les canalisations, à plat et les artères principales), 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 relatives à la période ultérieure à l'installation, le réapprovisionnement, les pièces de rechange, les services auxiliaires et les questions de réglementation.

##### **A.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 considérations de cheminement de base s'appliquent.

## **Annex A** (informative)

### **Guide to the installation of optical fibre cables**

#### **A.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 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.

#### **A.2 Installation planning**

##### **A.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 and 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.

##### **A.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 faut 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 du câble à fibres optiques particulier installé, de façon à éviter l'endommagement des fibres provoquant des défauts latents.

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 revêtent 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 aérien peut impliquer des méthodes d'installation nécessitant un accès au câble au niveau de points intermédiaires pour un relais de traction additionnel, ou des techniques de «lovage en huit»; il est recommandé que ces sites soient choisis soigneusement. Il convient également de prendre en considération les facteurs de temps et de perturbation. Il est possible qu'un matériel d'installation soit tenu de fonctionner pendant de longues périodes de temps et 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 bien s'assurer que les conduites sont en bon état, 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 minimiser 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, ces sections impliquant un creusement du sol peuvent être avantageusement préparées à l'avance au moyen d'un matériel de rainurage ou de creusement.

### **A.2.3 Etude prévisionnelle de la tension d'installation du câble**

La fourniture de câbles à fibres optiques de très grande longueur peut nécessiter de 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'application de méthodes permettant d'obtenir une plus grande marge de sécurité, par exemple une autre conception de 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 A.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, 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 cable 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 sub-duct system, either in single or multiple form, to provide a good environment for installation, segregation of cables, extra mechanical protection and improved maintenance procedures. Sub-ducts 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 minimise 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 specialised slitting or trenching equipment.

### **A.2.3 Cable installation tension predictions**

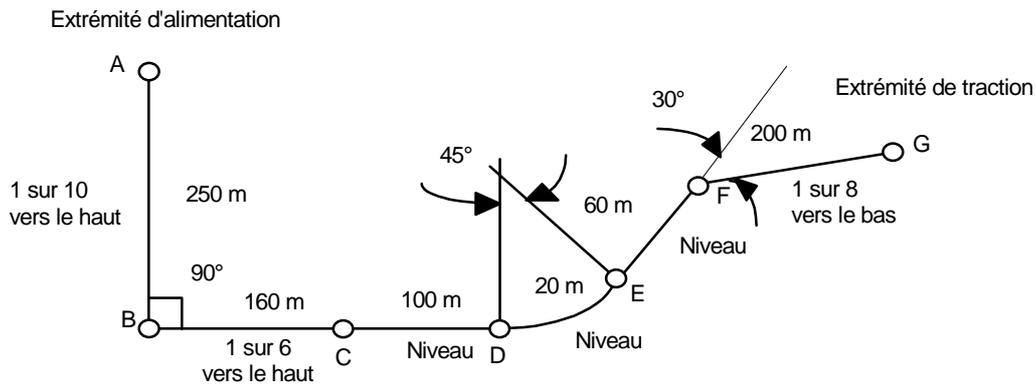
The potential for providing very long lengths of optical fibre cable can lead to the need for confidence that a particular installation operation will be successfully achieved, particularly in underground ducts, and a good indication can be provided, in some cases, by calculating the maximum cable tension. 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 A.1.

### A.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.

Si l'on utilise les cheminements et les formules de tension communes de la figure A.1 à titre d'exemple:



IEC 1086/01

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)  $T = T_i e^{\mu \theta}$

où

$T$  est la tension à la fin de la section (N);

$T_i$  est la tension au début de la section (N);

$\mu$  est le coefficient de frottement (entre le câble et la conduite ou le guide);

$l$  est la longueur de la section (m);

$w$  est la masse spécifique du câble (kg/m);

$\theta$  est l'inclinaison (radians, + vers le haut, - vers le bas) ou déviation (radians, plan horizontal);

$g$  est l'accélération due à la gravité (9,81 m/s<sup>2</sup>).

Figure A.1 – Calculs de la tension du câble

### A.2.3.2 Tension totale

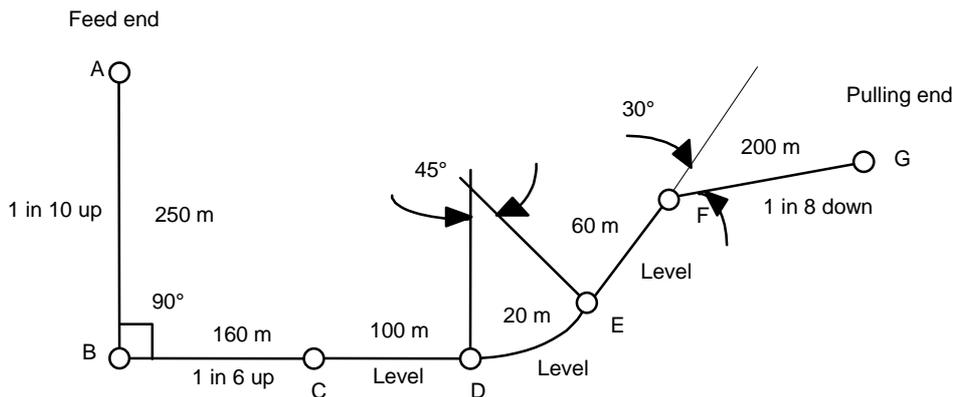
La tension totale peut être calculée sur une base cumulative traitant chaque section, d'une extrémité du cheminement à l'autre selon les indications du tableau A.1 (pour cet exemple,  $\mu = 0,55$  et  $w = 0,92$  kg/m).

### A.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.

Using the routes and common tension formulae in figure A.1 as an example:



IEC 1086/01

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)  $T = T_i e^{\mu \theta}$

where

$T$  is the tension at end of section (N);

$T_i$  is the tension at beginning of section (N);

$\mu$  is the coefficient of friction (between cable and duct or guide);

$l$  is the length of section (m);

$w$  is the cable specific mass (kg/m);

$\theta$  is the inclination (radians, + up, – down) or deviation (radians, horizontal plane);

$g$  is the acceleration due to gravity (9,81 m/s<sup>2</sup>).

**Figure A.1 – Cable tension calculations**

### A.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 A.1 (for this example,  $\mu = 0,55$  and  $w = 0,92$  kg/m).

**Tableau A.1 – Calcul de la tension totale**

Section	Longueur m	Tension au début de la section $T_i$ N	Inclinaison rad	Déviations rad	Equation	Tension à l'extrémité de la section (cumulative) $T$ 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.

#### A.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 de câbles 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 la 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.

#### A.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 immédiatement évident ni de perte de transmission, affecter les caractéristiques de transmission à long terme.

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

**Table A.1 – Calculation for total tension**

Section	Length m	Tension at beginning of section $T_i$ N	Inclination rad	Deviation rad	Equation	Tension at end of section (cumulative) $T$ 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.

#### A.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.

#### A.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 les prévenir de combien il est facile de les outrepasser lors d'une installation manuelle.

### **A.3 Méthodes d'installation de câbles**

#### **A.3.1 Considérations générales**

Un câble à fibres optiques peut être installé en utilisant des méthodes générales identiques, ou similaires, à celles employées pour les câbles métalliques, 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 consiste à installer le câble en évitant le plus possible d'imposer des contraintes sur la fibre, 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 protections adaptées sur les extrémités exposées du câble optique. Il convient de manipuler avec soin les coiffes afin d'éviter tout endommagement durant l'installation, et de réparer ou de remplacer les coiffes endommagées.

#### **A.3.2 Sécurité dans les espaces confinés**

Pour 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 des 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.

#### **A.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 suggérés;
- établir que les conditions d'environnement 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, dans le 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.

### **A.3 Cable installation methods**

#### **A.3.1 General considerations**

Optical fibre cable can be installed using the same or similar general methods employed for metallic cables but with more attention required to 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 an 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 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 damage caps should be repaired or replaced.

#### **A.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 and cable ways and areas where air circulation is poor or where entry and exit is 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 is provided prior to the commencement of work.

#### **A.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 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 suggérés au niveau desquels les tourets (ou les bobines) doivent être positionnés durant le programme d'installation et établir l'accessibilité et la disponibilité de ces emplacements;
- identifier les emplacements des boucles de service et établir leur accessibilité ainsi que leur disponibilité conformément au programme d'installation;
- s'assurer que tous les accessoires d'installation nécessaires sont disponibles;
- identifier les emplacements suggérés 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 extensions du câblage installé en minimisant les coupures et en toute sécurité.

### **A.3.4 Installation de câbles optiques dans des conduites souterraines**

#### **A.3.4.1 Application**

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

#### **A.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, d'appliquer de fortes contraintes sur le câble et il peut être conseillé de fournir un mécanisme de prévention contre les surcharges du câble. Deux classes de dispositifs peuvent fournir 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 comportent (en fonction du type de treuil) des embrayages mécaniques, des moteurs à blocage et des 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 des coupe-circuit mécaniques (traction ou cisaillement) et des 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.

#### **A.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 de 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 la prise en compte des 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) shall be positioned during the installation programme and establish the accessibility and availability of those locations;
- identify 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.

### **A.3.4 Installation of optical cables in underground ducts**

#### **A.3.4.1 Application**

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

#### **A.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. is concerned, then 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. Two classes of device 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 the 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.

#### **A.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 properly take into account cable manufacturer's stated bending criteria. In general, a minimum bending diameter of around 20 times the cable diameter is considered appropriate but when being 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 they should all have the properties of lightness and low friction.

#### A.3.4.4 Treuils et câbles

A condition de garder à l'esprit la nécessité de fournir 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. Ils 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 pour empêcher 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 des 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 au 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 câblette 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, dont l'anneau doit être fixé sur la câblette 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 d'un cabestan ou de poulies lorsque le câble subit une contrainte de traction.

#### **A.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 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, to prevent 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 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 successively using normal installation methods. 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 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 pre-set 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. 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.

#### **A.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 câblette ou du filin et des éléments de guidage, et tous peuvent contribuer de façon significative à la force d'installation totale requise. La lubrification peut avoir des effets bénéfiques, permettant 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 une sécurité du point de vue de la santé sur le lieu de travail.

#### **A.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 de la contrainte dynamique 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.

#### **A.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 de câble supplémentaire adaptée au niveau du point d'accès pour les essais et la jonction. Cette longueur supplémentaire, à chaque extrémité du câble, est normalement 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.

#### **A.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 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 shall have long term compatibility with cable, rope and duct material and be safe from an occupational health point of view.

#### **A.3.4.6 Cable handling methods to maximise 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 being placed by this method should take this into account. Intermediate or distributed winching systems require good co-ordination, synchronisation 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 installations but great care must be taken to ensure that specified bending and other mechanical criteria are not contravened.

#### **A.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.

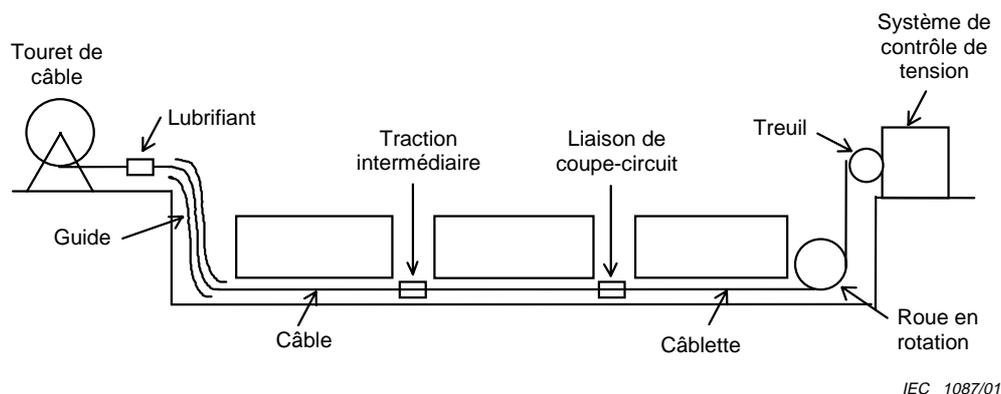


Figure A.2 – Pose de câbles à fibres optiques dans une conduite souterraine

### A.3.5 Installation de câbles aériens à fibres optiques

#### A.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 A.3 représente une application type couverte par le domaine d'application.

#### A.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 bien 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.

#### A.3.5.3 Méthodes de protection de 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 A.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, le câble à fibres optiques aérien nécessite d'être construit de façon à supporter la ligature. Il est nécessaire de contrôler la tension du filin de ligature. Des précautions doivent être prises pour manipuler des câbles dans les installations aériennes.

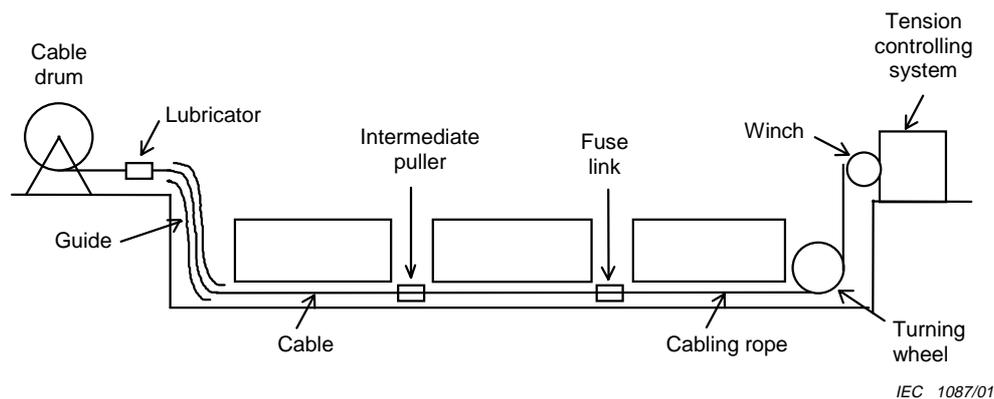


Figure A.2 – Optical fibre cabling in an underground duct

### A.3.5 Installation of aerial optical cables

#### A.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 A.3.

#### A.3.5.2 Installation methods

In general, those 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 strain experienced during aerial cabling are generally less than those induced during underground placing and in a mixed underground/overhead route 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.

#### A.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 A.3.4) to protect the cable from excessive strain during installation may be employed for aerial cable and it is also good practice 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 shall be constructed to withstand lashing. The lashing-wire tension shall be controlled. Care shall be exercised when handling cable in aerial route installations.

### A.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.

### A.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, un système de traction au travers de cette section doit être envisagé. 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.

### A.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. Cette longueur, à chaque extrémité du câble, doit être 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.

### A.3.5.7 Considérations pour le fonctionnement

Il convient de veiller, pendant l'installation de câbles, à minimiser 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, des fluctuations thermiques, des surcharges de glace ou le vent, produisent une contrainte; ils nécessitent d'être pris en compte et minimisés 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.

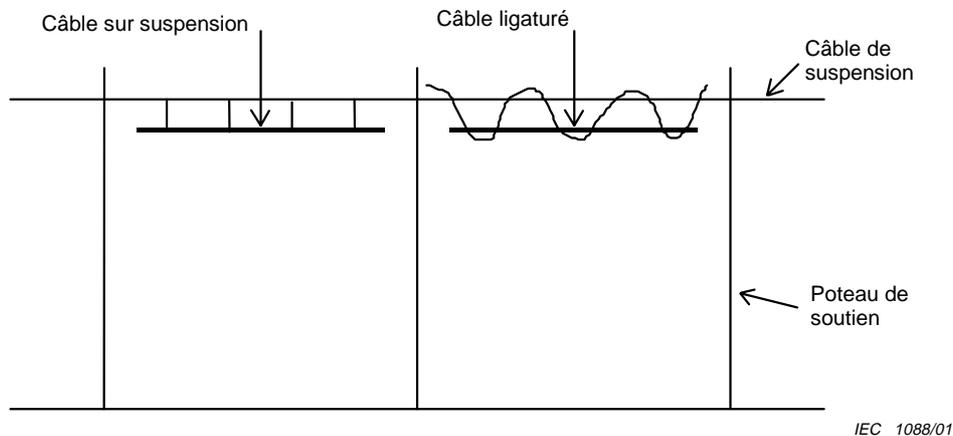


Figure A.3 – Installation de câble aérien

#### A.3.5.4 Winching and guiding systems

Provided the need to protect from overload and over-bending 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 is made to ensure pulling-in at even speed.

#### A.3.5.5 Methods to maximise 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 only limitation being 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 shall 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.

#### A.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 a pole position for testing and jointing. This length at each end of the cable shall 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.

#### A.3.5.7 In-service considerations

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

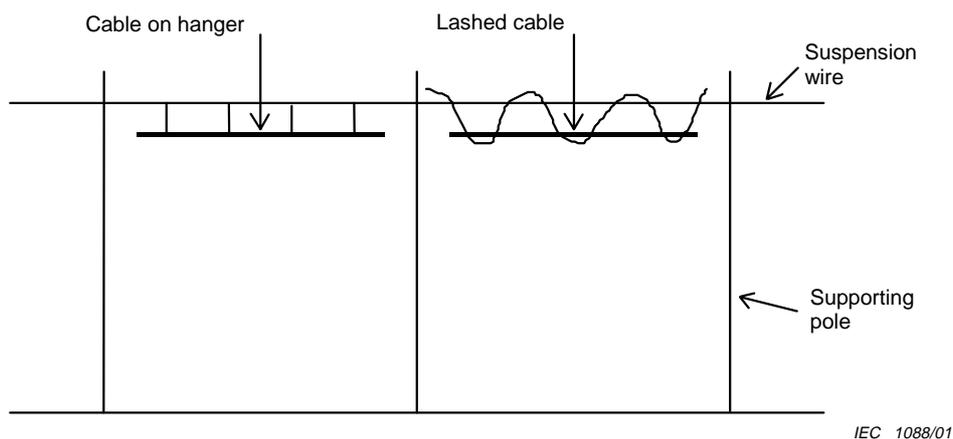


Figure A.3 – Aerial cable installation

### **A.3.6 Installation d'un câble enterré**

#### **A.3.6.1 Méthodes d'installation**

Des 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 celle des câbles métalliques est généralement adaptée mais la capacité de transmission ou d'autres considérations de sécurité peuvent prescrire une profondeur plus grande. Si l'on utilise une méthode de tranchées, les matériaux et les pratiques de remblayage peuvent requérir une considération particulière de façon à ne pas atteindre les limites de contraintes sur les fibres durant cette opération.

#### **A.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 A.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 déplacée le long de la tranchée, et posés dans la tranchée. Il convient que le déroulement du câble 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'au moins 15 cm au-dessus du câble, puis légèrement tassé et égalisé.
- Les câbles entourés de sable dans les zones de construction ou dans les zones à risques accrus peuvent être protégés de l'endommagement par des enveloppes ou des plaques de protection de câble.

### **A.3.6 Installation of buried cable**

#### **A.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 cable, 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.

#### **A.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 A.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 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, then 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. 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 those 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 damage 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 dans les zones de passage de routes, il convient d'assurer 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, 30 cm à 40 cm au-dessus du câble.

**Tableau A.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).	

#### **A.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 normalement pas nécessaire d'utiliser de système de protection contre les surcharges de traction de 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 A.2.

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

#### **A.3.6.4 Méthodes permettant d'optimiser les longueurs**

A condition d'effectuer les préparations adéquates, l'installation de câbles à fibres optiques directement enterrés est normalement limitée uniquement par des obstructions et, dans une moindre mesure, par la capacité de la bobine. Cependant, lorsqu'il faut, pour réaliser certaines parties d'une installation de longueur importante à la charrue, 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.

#### **A.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 adaptée 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 A.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 cable conduit).	

### **A.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 shall 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 A.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.

### **A.3.6.4 Methods to maximise lengths**

Provided proper preparations are made, direct buried installation of optical fibre cable is normally only limited by obstructions and, to a lesser extent, 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 maximise lengths installed.

### **A.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 shall be sufficient to enable construction of joints and sheath closures at a convenient work position.

### **A.3.7 Installation dans des situations particulières**

#### **A.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 A.3.4 s'appliquent. Cependant, lorsque le câble est déployé et déplacé à la main sur des plateaux ou supports, il est nécessaire de s'assurer que la géométrie du support et les opérations de manipulation n'enfreignent pas les critères de courbure spécifiés. Les serre-câbles et les systèmes de fixation doivent être adaptés à l'utilisation avec des câbles à fibres optiques.

#### **A.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 veiller à garantir 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.

#### **A.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.

#### **A.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 une longueur continue dans la mesure du possible 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.

### **A.3.8 Installation de câbles intérieurs**

#### **A.3.8.1 Considérations générales**

A l'intérieur de 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.

#### **A.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 est nécessaire de s'assurer que les points de virage sont correctement construits, de façon à respecter les critères de courbure de câble. Pour les installations avec conduits, il convient d'amener les câbles, et non de les pousser, pour éviter le risque de pliure.

### **A.3.7 Installation in special situations**

#### **A.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 those methods and considerations indicated in A.3.4 apply. However, where cable is laid out and manhandled onto trays or bearers, care shall be taken to ensure that support geometry and handling operations do not contravene specified bending criteria. Cleating and fixing systems shall be made-suitable for use with optical fibre cables.

#### **A.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.

#### **A.3.7.3 Bridges**

The normal considerations for placing metallic cable also apply to optical fibre cable 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, can lead to excessive fibre strain and suitable cable restraints should be used.

#### **A.3.7.4 Underwater**

Where it is necessary to place optical fibre cable underwater in river crossings or in lakes, the cable shall 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 cable 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.

### **A.3.8 Installation of indoor cables**

#### **A.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 is more stringent than internal types and it may be advantageous, where possible, to site line-terminating equipment near the building cable entry or a cable riser.

#### **A.3.8.2 Cable routing**

Where cables are routed along the floor, a short straight route is preferable with 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 shall 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 est nécessaire de 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 de 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.

### **A.3.8.3 Espaces confinés**

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

### **A.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 par de l'air comprimé dans les tubes. 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.

#### **A.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 spécifiques 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 de diamètre inférieur à celui spécifié 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 dévidage 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;

Where cable is fitted directly to walls, care shall be taken to ensure proper cleats and straps are used and that they are not over-tightened. Much internal optical fibre cable placing is done manually and the attendant risk of fibre overstrain during this handling should be borne in mind.

Fire-ducts, gas seals, floor passages and building entry ducts installed or opened during the installation should be sealed in an approved manner in order to prevent ingress of gas, water or foreign material. The integrity of all barriers should be retained.

#### **A.3.8.3 Confined spaces**

Where the possibility of working in confined spaces exists, the precautions given in A.3.2 should be observed.

#### **A.3.9 Blown systems**

In blown systems, the network infrastructure is created by installing, by the most appropriate cabling method, one or a group of empty plastic tubes. Subsequently, as and when circuit provision is required, fibres or cable can be blown by compressed air into the tubes. Generally the fibres are specially packaged or buffered.

There are several types of blown systems but, in general, all require the correct combination of fibre or cable, tube and blowing method. The manufacturer's recommendations should be followed closely not only during the installation of the tube and fibre or cable, but also when planning the route, taking into account the maximum route length, the number of bends and the distance between bends.

Installation is usually carried out in two phases, first the installation of the tube infrastructure and second the installation of the fibre.

##### **A.3.9.1 Tube installation**

Indoor tubes and tubes for blown fibre systems are generally lightweight and the routes relatively short, so the installation does not require the use of pulling or winching equipment, and average lengths can be installed by hand.

Outdoor tubes may be more substantial, heavier or larger than indoor tubes and are installed in longer lengths. They can be installed using standard laying procedures.

Some tubes may require special handling procedures to preserve the integrity of the inner bore surface but, in general, the following precautions should be observed:

- do not stand on or otherwise crush tubes, which could cause problems at the fibre blowing phase;
- do not bend or cause the tube to bend at diameters less than those specified by the supplier;
- do not stretch the tube by attempting to install excessive lengths or by using faulty pay-off equipment;
- do not twist the tube, unreel by rotating the pay-off drum and not by feeding over the flange;
- do not allow tubes to be contaminated by water or dirt; seal tubes if necessary before installation;

- resceller les tubes non refermés après l'installation;
- la déviation des tubes sur des distances plus longues peut nécessiter une zone plus étendue que pour les câbles;
- pour un tirage au moyen d'une câblette, toujours utiliser un pivot;
- identifier et étiqueter les tubes aux deux bouts, origine et extrémité;
- il convient que les attaches de câble soient serrées juste assez pour maintenir le tube en place sans provoquer de déformation du tube.

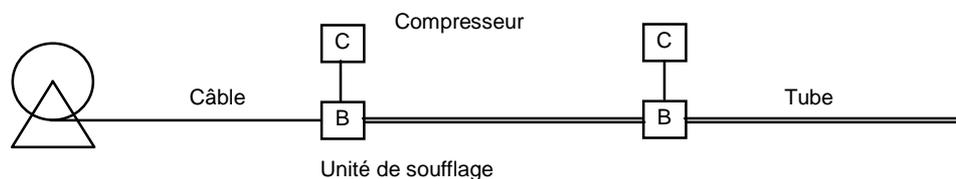
### A.3.9.2 Installation de fibres et câbles

Avant l'installation des fibres, il est conseillé de s'assurer de l'intégrité du cheminement tubulaire, ce qui peut être réalisé en effectuant des essais pneumatiques afin de prouver l'intégrité de la paroi du tube et l'uniformité de l'alvéole. Lorsque l'on utilise de l'air comprimé et plus particulièrement si le diamètre de l'alvéole est vérifié par de petites billes (tubes intérieurs) ou des boules plus grandes (tube extérieur), il convient d'observer les précautions suivantes:

- le site d'essai doit être mis sous surveillance de manière adéquate et des panneaux d'avertissement installés;
- le port de lunettes de protection est obligatoire;
- les tuyaux d'alimentation sous pression doivent être solidement fixés;
- les pressions recommandées ne doivent pas être dépassées;
- il convient de ne pas entreprendre de soufflage de billes ou d'essai de boules sans s'assurer d'abord que des dispositions ont été prises pour récupérer la bille ou la boule au niveau de l'extrémité éloignée et que le tube à tester a fait l'objet d'une identification précise à chaque extrémité.

Pour assurer l'efficacité de l'installation de fibres ou de câbles dans le réseau de tubes, il est souvent nécessaire d'utiliser des fibres ou des câbles spécialement conçus ainsi qu'un matériel spécifique tel que des modules d'alimentation en air, des outils d'insertion et des dispositifs de déroulement. Le fournisseur donne normalement des instructions concernant les pressions et capacités du compresseur, les techniques d'insertion pour éviter les pliures et l'écrasement, et l'utilisation de lubrifiants.

Lors de l'installation de câbles sur de longs cheminements de tubes, il peut être nécessaire d'utiliser un furet, attaché à l'extrémité initiale du câble. Il convient que ces furets soient de courte longueur et soient fixés de manière à permettre un mouvement indépendant. En remplacement, si l'utilisation de furets doit être évitée, une méthode de soufflage en cascade peut être utilisée selon la représentation de la figure A.4, en plaçant de courtes sections de tube entre chaque point de soufflage.



IEC 1089/01

**Figure A.4 – Installation de câble par soufflage en cascade**

- re-seal un-terminated tubes after installation;
- fleeting of tubes on longer runs may need a larger area than with cables;
- when pulling in by rope, always use a swivel;
- identify and label tubes at both leading and trailing ends;
- cable ties should be tightened sufficiently well to secure the tube in position but not so tight that they deform the tubes.

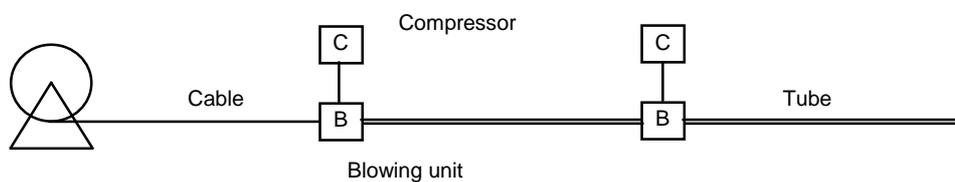
### A.3.9.2 Fibre and cable installation

Prior to the installation of fibre, it is advisable to ensure the integrity of the tube route. This can be achieved by conducting pneumatic tests in order to prove the integrity of the tube wall and the uniformity of the tube bore. When using compressed air, and particularly if bore diameter is checked by small spheres (indoor tubes) or larger shuttles (outdoor tube), the following precautions should be observed:

- the test site shall be adequately guarded and warning signs posted;
- safety glasses shall be worn;
- pressurised supply hoses shall be firmly secured;
- recommended pressures shall not be exceeded;
- a blown sphere or shuttle test should not be undertaken without first ensuring that provision has been made to capture the sphere or shuttle at the remote end and that the tube to be tested has been positively identified at each end.

The efficient installation of fibres or cables into the tube network often requires the use of specially designed fibres or cables and specially designed equipment such as air supply modules, insertion tools and pay-offs. The supplier normally provides instructions regarding compressor pressures and capacities, insertion techniques to prevent kinking and crushing and the use of lubricants.

When installing cables in long tube routes, it may be necessary to use a pulling shuttle attached to the leading end of the cable. Such shuttles should be short in length and attached in a manner that allows independent movement. Alternatively, if the use of shuttles is to be avoided, a cascade method of blowing may be used as shown in figure A.4, with short tube lengths between each blowing point.



IEC 1089/01

**Figure A.4 – Cable installation by cascade blowing**

### **A.3.10 Emplacement du câble**

Lorsque des câbles à fibres optiques contenant peu ou pas de métal sont directement enterrés, il convient d'étudier au moment de l'installation la question de leur localisation ultérieure. Il peut être recommandé d'utiliser un système de marquage par poteaux sur le sol ou d'enterrer un câble de localisation en même temps que le câble, et d'utiliser des marqueurs enterrés discrets au niveau des points de raccordement.

### **A.4 Protection contre la foudre**

Les fibres optiques ne sont pas sensibles aux surtensions dues à la foudre, mais elles sont souvent intégrées dans des câbles contenant du métal. Par conséquent, mis à part la possibilité d'adopter des conceptions de câbles non métalliques, les méthodes utilisées pour protéger les câbles à fibres optiques sont les mêmes que celles utilisées pour les câbles métalliques, adaptées en fonction de longueurs plus importantes, et il convient d'observer la recommandation UIT-T K.25[2].

### **A.3.10 Cable location**

Where optical fibre cables with little or no metallic content in their construction are directly buried, the question of location at a later date should be considered at the time of installation. It may be appropriate to use an over-ground post-marking system or to bury a locating wire with the cable, and use discrete buried markers at the splice points.

### **A.4 Lightning protection**

Optical fibres are not susceptible to lightning surges but they are often incorporated in cables with a metallic content. Therefore, apart from the possibility of adopting non-metallic cable designs, the methods used to protect optical fibre cables are the same as those used for metallic cables adapted to suit the longer lengths. In this respect, ITU-T Recommendation K.25[2] should be observed.

## **Annexe B** (informative)

### **Guide des effets de l'hydrogène dans les câbles à fibres optiques**

#### **B.1 Généralités**

Les applications des câbles à fibres optiques sont très étendues au niveau mondial, dans les environnements terrestres et sous-marins, en prenant des dispositions pour avoir des caractéristiques de transmission stables pendant plusieurs années.

Au début des années quatre-vingts, il a été établi que certaines sortes de fibres optiques utilisées avec certaines constructions de câbles étaient sujettes à des augmentations d'affaiblissement induites par l'hydrogène. Le mécanisme de perte induite par l'hydrogène a rapidement été établi et, à l'issue de vastes programmes de recherche et de développement, les conceptions de fibres ont été optimisées afin de minimiser ces effets. Les concepteurs de câbles ont établi des règles de construction adaptées et ont optimisé la sélection des matériaux de câble, également afin de minimiser les effets des augmentations d'affaiblissement induites par l'hydrogène pendant la durée de vie en fonctionnement.

L'amplitude de tout effet produit par l'hydrogène dépend du type de câble (comprenant le type de fibre) et de son environnement de fonctionnement.

Dans les câbles à fibres unimodales adaptés pour des applications terrestres, l'expérience est suffisante pour ne pas exiger un essai en câbles visant à détecter des concentrations significatives d'hydrogène pouvant provoquer une augmentation de l'affaiblissement optique.

L'affaiblissement induit dans une fibre unimodale provoqué par l'hydrogène pour une pression partielle atteignant  $10^4$  Pa ( $98,692 \times 10^{-6}$ ) n'est pas supérieur à 0,03 dB/km et 0,06 dB/km, à 1 310 nm et 1 550 nm respectivement. La pression d'équilibre dynamique ou l'équilibre d'hydrogène dans un câble terrestre sans barrière hermétique sera largement inférieure à  $10^4$  Pa et, ainsi, la fiabilité optique est assurée. Des valeurs types de 40,5 Pa équivalant à  $400 \times 10^{-6}$  ont été mesurées pour un câble en conduite plusieurs années après l'installation [3]. Pour ces pressions partielles, l'augmentation d'affaiblissement est insignifiante.

#### **B.2 Evaluation des effets induits par l'hydrogène**

En fonction du type de câble et de son environnement de fonctionnement prévu, une évaluation des effets induits [4] par l'hydrogène peut être ou non justifiée. Le tableau B.1 donne un guide relatif à la nécessité de procéder à une évaluation des câbles du point de vue des augmentations d'affaiblissement induites par l'hydrogène.

## **Annex B** (informative)

### **Guide to hydrogen effects in optical fibre cables**

#### **B.1 General**

There is extensive application of optical fibre cables worldwide, both for terrestrial and submarine environments, with the provision of stable transmission characteristics over many years.

In the early 1980s, it was established that some optical fibre designs in certain cable constructions were prone to hydrogen-induced attenuation increases. The mechanism of the hydrogen induced loss was quickly established and after extensive research and development programmes, fibre designs were optimised to minimise the effects. Cable designers established suitable design rules and optimised the selection of cable materials so as to also minimise the effects of hydrogen induced attenuation increases during service life.

The magnitude of any hydrogen induced effect depends on the cable type (including fibre design) and its operational environment.

In the case of suitably designed, single-mode fibre cables for terrestrial applications, there is sufficient experience to not require any requirement to test in cables for significant concentrations of hydrogen which could cause an increase in optical attenuation.

The induced loss for single-mode fibre due to hydrogen at a partial pressure of up to  $10^4$  Pa ( $98,692 \times 10^{-6}$ ) is no greater than 0,03 dB/km and 0,06 dB/km, at 1 310 nm and 1 550 nm, respectively. The dynamic equilibrium pressure or balance of hydrogen within a terrestrial cable with no hermetic barrier will be significantly less than  $10^4$  Pa, and therefore, optical reliability is ensured. Typical values of 40,5 Pa equivalent to  $400 \times 10^{-6}$  have been measured for duct cable several years after installation [3]. At these partial pressures, the attenuation increase is insignificant.

#### **B.2 Evaluation of hydrogen induced effects**

Depending on the cable type and its planned operational environment, an evaluation of hydrogen induced effects [4] may or may not be warranted. Table B.1 offers a guide to the necessity to evaluate cables for hydrogen induced attenuation increases.

**Tableau B.1 – Critères d'évaluation des câbles à fibres optiques unimodales (SM) et multimodales (MM)**

Construction du câble	Application / environnement									
	Directement enterré		Conduite		Aérien		Sub-aquatique*		Sous-marin	
	SM	MM	SM	MM	SM	MM	SM	MM	SM	MM
Métallique	1 <sup>a</sup>	1	1	1	1	1	2	2	2	**
Non métallique	1	1	1	1	1	1	1	2	**	**
Métaux différents	1	1	1	1	1	1	2	2	2	**
Barrière hermétique (c'est-à-dire tube métallique)	2 <sup>b</sup>	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<p><sup>a</sup> 1 Pas d'évaluation.</p> <p><sup>b</sup> 2 L'évaluation est recommandée au niveau de la phase de recherche et de développement de la construction de câble concernée.</p> <p>* Traversées de fleuves – courte distance (aucune évaluation requise si le câble comporte des matériaux absorbant l'hydrogène).</p> <p>** Constructions de câble non applicables.</p>										

### B.3 Effets de l'hydrogène dans les câbles à fibres optiques

Les câbles à fibres optiques unimodales et multimodales peuvent être dégradés au niveau optique du fait de l'accumulation de gaz hydrogène dans la structure du câble pendant sa durée de fonctionnement. L'amplitude de l'effet dépend des facteurs suivants:

- le type de fibre, sa composition/concentration en dopants et sa sensibilité intrinsèque à l'hydrogène;
- les niveaux de gaz hydrogène (c'est-à-dire la pression partielle) générés dans le câble pendant sa durée de fonctionnement;
- la conception du câble et, en particulier, le choix et la combinaison des matériaux utilisés dans sa construction;
- l'environnement de l'installation, y compris la température de fonctionnement.

Le gaz hydrogène peut se former dans un câble à partir de:

- l'hydrogène libéré par les composants du câble, y compris celui qui est associé aux effets de vieillissement à long terme des matériaux;
- l'hydrogène contenu dans l'air sous pression contenu dans le câble;
- l'action corrosive des éléments métalliques en présence d'humidité;
- la corrosion biologique par des bactéries sulfato-réductrices.

Les mécanismes d'affaiblissement optique dus à l'hydrogène peuvent être classés de la manière suivante:

- un effet interstitiel réversible associé à la diffusion des molécules H<sub>2</sub> dans la fibre en verre de silice. Cet effet est très similaire pour tous les types de fibres (multimodales et unimodales) et sa valeur est fonction linéaire de la pression partielle d'hydrogène;
- un effet chimique permanent dû à la formation d'hydroxyle résultant de la combinaison chimique de molécules d'hydrogène diffusées et de points défectueux dans la fibre en verre de silice. La valeur de l'effet est fonction de la racine carrée de la pression partielle d'hydrogène.

**Table B.1 – Evaluation criteria for single mode (SM) and multimode (MM) optical fibre cables**

Cable construction	Application / environment									
	Direct buried		Duct		Aerial		Sub-aqueous*		Sub-marine	
	SM	MM	SM	MM	SM	MM	SM	MM	SM	MM
Metallic	1 <sup>a</sup>	1	1	1	1	1	2	2	2	**
Non-metallic	1	1	1	1	1	1	1	2	**	**
Dissimilar metals	1	1	1	1	1	1	2	2	2	**
Hermetic barrier (i.e. metallic tube)	2 <sup>b</sup>	2	2	2	2	2	2	2	2	2

<sup>a</sup> 1 No evaluation.

<sup>b</sup> 2 Evaluation is recommended at the research and development phase of the cable construction involved.

\* River crossings – short distance (no evaluation required if hydrogen absorbing materials are included within the cable).

\*\* Cable constructions not applicable.

### B.3 Hydrogen effects in optical fibre cables

Both single-mode and multimode optical fibre cables can optically degrade due to the accumulation of hydrogen gas within the cable structure during its operational lifetime. The magnitude of the effect depends on the following factors:

- the fibre type, its dopant composition/concentration and its intrinsic susceptibility to hydrogen;
- the levels of hydrogen gas (i.e. partial pressure) generated in the cable during its operational lifetime;
- the design of the cable and, in particular, the choice and combination of materials used in its construction;
- the installation environment, including its operational temperature.

Hydrogen gas may build up within a cable from:

- hydrogen released from the cable components, including that associated with long term ageing effects on the materials;
- hydrogen contained in pressurised air pumped into the cable;
- corrosion action of metallic elements in the presence of moisture;
- biological corrosion by sulphate reducing bacteria.

The optical loss mechanisms due to hydrogen can be classified as follows:

- a reversible interstitial effect associated with diffusion of the H<sub>2</sub> molecules into the silica glass fibre. The effect is very similar for all fibre types (both multimode and single mode) and its magnitude is linear with the partial pressure of hydrogen;
- a permanent chemical effect due to hydroxyl formation through chemical combination of diffused hydrogen molecules and defect sites in the silica glass fibre. The magnitude of the effect is related to the square root of the partial pressure of hydrogen.

Les fibres unimodales sont moins sensibles, dans un rapport de deux à trois ordres de grandeur, à cet effet chimique permanent de H<sub>2</sub> que les fibres multimodales. Pour les fibres unimodales, l'affaiblissement permanent sera largement inférieur à l'affaiblissement interstitiel, même après 25 ans passés dans un environnement de fonctionnement hostile. Cela contraste totalement avec le cas des fibres multimodales:

- un affaiblissement dépendant de la longueur d'onde, qui est uniquement constaté pour des températures élevées (dépassant 60 °C) dans les fibres unimodales et qui est, là aussi, largement inférieur à l'affaiblissement interstitiel observé à température ambiante;
- un contrôle des augmentations d'affaiblissement pour la longueur d'onde caractéristique de 1 240 nm et de 1 380 nm est un bon indicateur des effets chimiques à la fois interstitiels et permanents.

Single mode fibres are two to three orders of magnitude less sensitive to this permanent chemical effect by H<sub>2</sub> compared with multi-mode fibres. For single mode fibres, the permanent loss will be much smaller than the interstitial loss, even after 25 years in a hostile operational environment. This is in direct contrast to the case for multi-mode fibres:

- a wavelength dependent loss, which is only experienced at elevated temperatures (in excess of 60 °C) in single mode fibres, and is again much smaller than the interstitial loss observed at ambient temperature;
- monitoring the loss increases at the characteristic wavelength of 1 240 nm and 1 380 nm is a good indicator of both the interstitial and permanent chemical effects.

**Annexe C**  
(informative)

**Guide pour les applications spécifiques définies  
de l'affaiblissement des fibres câblées**

**Tableau C.1 – Applications spécifiques définies de l'affaiblissement des fibres câblées**

Norme	Application <sup>a</sup>	Affaiblissement maximal des fibres câblées à 850/1 300 nm dB/km
IEEE 802.3:1000BASE-SX & LX	Gigabit Ethernet	$\leq 3,5 / \leq 1,5$
ISO/CEI 8802-3 10BASEFL & FB	10BASE-F <sup>b</sup>	$\leq 3,75 / \leq \text{N/A}$
ISO/CEI 9314-3	FDDI <sup>c, d</sup>	N/A
ISO/CEI 14165	Fibre Channel <sup>d</sup>	N/A
ATM LAN 622-08M bit/sec	ATM <sup>d</sup>	N/A
EIA/TIA 568B3	TIA 568B3	$\leq 3,75 / \leq 1,5$
ISO/CEI 11801	ISO/CEI 11801	$\leq 3,5 / \leq 1,5$
<sup>a</sup> Les prescriptions d'application pour l'affaiblissement sont des valeurs d'affaiblissement CABLE. <sup>b</sup> 10BASE-F est spécifié à 850 nm seulement. <sup>c</sup> FDDI est spécifié à 1 300 nm seulement. <sup>d</sup> Où l'affaiblissement n'est pas spécifié, un niveau de puissance optique est spécifié à la place.		

## Annex C (informative)

### Guide to specific defined applications of cabled fibre attenuation

**Table C.1 – Specific defined applications of cabled fibre attenuation**

Standard	Application <sup>a</sup>	Maximum cabled fibre attenuation at 850/1 300 nm dB/km
IEEE 802.3:1000BASE-SX & LX	Gigabit Ethernet	$\leq 3,5$ / $\leq 1,5$
ISO/IEC 8802-3 10BASEFL & FB	10BASE-F <sup>b</sup>	$\leq 3,75$ / $\leq$ N/A
ISO/IEC 9314-3	FDDI <sup>c, d</sup>	N/A
ISO/IEC 14165	Fibre channel <sup>d</sup>	N/A
ATM LAN 622-08M bit/sec	ATM <sup>d</sup>	N/A
EIA/TIA 568B3	TIA 568B3	$\leq 3,75$ / $\leq 1,5$
ISO/IEC 11801	ISO/IEC 11801	$\leq 3,5$ / $\leq 1,5$
<sup>a</sup> Application requirements for attenuation are CABLE attenuation values. <sup>b</sup> 10BASE-F is specified at 850 nm only. <sup>c</sup> FDDI is specified at 1 300 nm only. <sup>d</sup> Where attenuation is not specified, an optical power level is specified instead.		

## Bibliographie

- [1] CEI 62221:2001, *Sensibilité aux microcourbures*
  - [2] UIT-T Recommandation K.25 (02/00), *Protection des câbles à fibres optiques*
  - [3] HORNING, S., CASSIDY, S.A., REEVE, M.H. «The distribution of H<sub>2</sub> gas along an inland optical fibre cable». Symposium of Optical Fibre Measurements 1984, National Bureau of Standards, NSB-SP-683, pp. 85-88, Oct. 1984
  - [4] ITU-T Recommandation L.27(10/96), *Méthode d'estimation de la concentration en hydrogène dans les câbles à fibres optiques*
  - [5] ISO/CEI 8802-3:1996: *Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'information entre systèmes – Réseaux locaux et métropolitains – Prescriptions spécifiques – Partie 3: Accès multiple par surveillance du signal et détection de collision (CSMA/CD) et spécifications pour la couche physique* (en anglais seulement)
  - [6] ISO/CEI 9314-3:1990: *Systèmes de traitement de l'information – Interface de données distribuées sur fibre (FDDI) – Partie 3: Spécifications pour la couche physique déterminée par le milieu* (en anglais seulement)
  - [7] ATM LAN 622-08M bit/sec
  - [8] EIA/TIA 568B3: *Optical fibre cabling components standard*
  - [9] ISO/CEI 11801:2000: *Technologies de l'information – Câblage générique des locaux d'utilisateurs* (en anglais seulement)
  - [10] ISO/IEC 14165 (toutes les parties), *Information technology – Fibre Channel* (en anglais seulement)
  - [11] IEEE 802.3: 2000, *Information technology – Local and metropolitan area networks – Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications*
-

## Bibliography

- [1] IEC 62221:2001, Microbending sensitivity
  - [2] ITU-T Recommendation K.25 (02/00), *Protection of optical fibre cables*
  - [3] HORNING, S., CASSIDY, S.A., REEVE, M.H. "The distribution of H<sub>2</sub> gas along an inland optical fibre cable". Symposium of Optical Fibre Measurements 1984, National Bureau of Standards, NSB-SP-683, pp. 85-88, Oct. 1984
  - [4] ITU-T Recommendation L.27(10/96), *Method for estimating the concentration of hydrogen in optical fibre cables*
  - [5] ISO/IEC 8802-3:1996, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications* (in English only)
  - [6] ISO/IEC 9314-3:1990, *Information processing systems – Fibre Distributed Data Interface (FDDI) – Part 3: Physical Layer Medium Dependent (PMD)* (in English only)
  - [7] ATM LAN 622-08M bit/sec
  - [8] EIA/TIA 568B3: *Optical fibre cabling components standard*
  - [9] ISO/IEC 11801:2000, *Information technology – Generic cabling for customer premises*
  - [10] ISO/IEC 14165 (all parts), *Information technology – Fibre Channel* (in English only)
  - [11] IEEE 802.3: 2000, *Information technology – Local and metropolitan area networks – Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications*
-

ISBN 2-8318-5898-4



9 782831 858982

---

**ICS 33.180.10**

---

Typeset and printed by the IEC Central Office  
GENEVA, SWITZERLAND