

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60794-4-1

Première édition
First edition
1999-01

Câbles à fibres optiques –

Partie 4-1:

**Câbles optiques aériens pour lignes électriques
de haute tension**

Optical fibre cables –

Part 4-1:

**Aerial optical cables for high-voltage
power lines**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60794-4-1:1999

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

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

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

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

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60794-4-1

Première édition
First edition
1999-01

Câbles à fibres optiques –

Partie 4-1:

**Câbles optiques aériens pour lignes électriques
de haute tension**

Optical fibre cables –

Part 4-1:

**Aerial optical cables for high-voltage
power lines**

© IEC 1999 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

T

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application	6
2 Références normatives.....	6
3 Définitions.....	8
4 Prescriptions applicables aux CGFO.....	8
4.1 Généralités	8
4.2 Fibres optiques	8
4.3 Unité(s) optique(s)	10
4.4 Toronnage des fils	10
4.5 Graisse.....	10
4.6 Etanchéité à l'eau	10
5 Caractéristiques du CGFO	10
6 Essais.....	12
6.1 Classification des essais	12
6.2 Prescriptions d'essai	12
6.3 Examen	14
7 Conditionnement et marquage.....	14
8 Prescriptions d'essai	14
8.1 Essai de contrainte-déformation	14
8.2 Essai de résistance à la traction.....	16
8.3 Essai de passage sur poulies	16
8.4 Essai de vibrations éoliennes	18
8.5 Essai de galop (s'il est spécifié)	18
8.6 Essai de fluage (s'il est spécifié)	18
8.7 Essai de cycles de température (s'il est spécifié)	20
8.8 Essai de pénétration d'eau (s'il est spécifié)	20
8.9 Essai de court-circuit.....	20
8.10 Essai de choc de foudre	22
Annexe A (informative) Méthodes recommandées pour le calcul de la charge de rupture assignée, de la section d'une couche de brins de forme trapézoïdale, du module d'élasticité, du coefficient de dilatation linéique et de la résistance en courant continu	24
Annexe B (normative) Méthodes pour l'essai de passage sur poulies	28
Annexe C (normative) Méthode pour l'essai de vibrations éoliennes	32
Annexe D (normative) Méthode pour l'essai de galop	36
Annexe E (normative) Méthode pour l'essai de court-circuit	40
Annexe F (normative) Essai pour des conditions de foudre spécifiées.....	44
Annexe G (normative) Méthode d'essai pour déterminer la capacité d'endurance d'un CGFO face à la foudre	46
Figure B.1 Dispositif d'essai de passage sur poulies – Méthode A.....	28
Figure B.2 Dispositif d'essai de passage sur poulies – Méthode B.....	30
Figure C.1 Dispositif d'essai de vibrations éoliennes	32
Figure D.1 Dispositif d'essai de galop	36
Figure E.1 Dispositif d'essai de court-circuit	40
Figure G.1 Dispositif d'essai de foudre.....	46

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Definitions	9
4 Requirements for OPGW	9
4.1 General	9
4.2 Optical fibres	9
4.3 Optical unit(s)	11
4.4 Stranded wires	11
4.5 Grease	11
4.6 Water blocking	11
5 OPGW characteristics	11
6 Tests	13
6.1 Classification of tests	13
6.2 Test requirements	13
6.3 Inspection	15
7 Packaging and marking	15
8 Test requirements	15
8.1 Stress-strain test	15
8.2 Tensile performance test	17
8.3 Sheave test	17
8.4 Aeolian vibration test	19
8.5 Galloping test (when specified)	19
8.6 Creep test (when specified)	19
8.7 Temperature cycling test (when specified)	21
8.8 Water penetration test (when specified)	21
8.9 Short-circuit test	21
8.10 Lightning test	23
Annex A (informative) Recommended methods of calculating rated tensile strength, cross-section of a layer of trapezoidal shaped wires, modulus of elasticity, linear expansion and d.c. resistance	25
Annex B (normative) Sheave test methods	29
Annex C (normative) Aeolian vibration test method	33
Annex D (normative) Galloping test method	37
Annex E (normative) Short-circuit test method	41
Annex F (normative) Tests for lightning conditions	45
Annex G (normative) Test method for determining endurance capability of OPGW against lightning strike	47
Figure B.1 Sheave test arrangement – Method A	29
Figure B.2 Sheave test arrangement – Method B	31
Figure C.1 Aeolian vibration test arrangement	33
Figure D.1 Galloping test arrangement	37
Figure E.1 Short-circuit test arrangement	41
Figure G.1 Lightning test arrangement	47

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CÂBLES À FIBRES OPTIQUES –

Partie 4-1: Câbles optiques aériens pour lignes électriques de haute tension

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60794-4-1 a été établie par le comité d'études 7 de la CEI: Conducteurs pour lignes électriques aériennes.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86A/464/FDIS	86A/477/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.

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

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRE CABLES –

Part 4-1: Aerial optical cables for high-voltage power lines

FOREWORD

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

International Standard IEC 60794-4-1 has been prepared by technical committee 7: Overhead electrical conductors.

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

FDIS	Report on voting
86A/464/FDIS	86A/477/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.

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

Annex A is for information only.

CÂBLES À FIBRES OPTIQUES –

Partie 4-1: Câbles optiques aériens pour lignes électriques de haute tension

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale traite des prescriptions électriques, mécaniques et optiques ainsi que des méthodes d'essai pour les câbles de garde aériens composites à fibres optiques connus sous le nom de CGFO.

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 Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60104:1987, *Fils en alliage d'aluminium-magnésium-silicium pour conducteurs de lignes aériennes*

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

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

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

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

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

CEI 60794-1:1996, *Câbles à fibres optiques – Partie 1: Spécification générique*

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

CEI 60794-3:1998, *Câbles à fibres optiques – Partie 3: Câbles pour conduites, enterrés et aériens – Spécification intermédiaire*

CEI 60888:1987, *Fils en acier zingué pour conducteurs câblés*

CEI 60889:1987, *Fils d'aluminium écroui dur pour conducteurs de lignes aériennes*

CEI 61089:1991, *Conducteurs pour lignes aériennes à brins circulaires, câblés en couches concentriques*

CEI 61232:1993, *Fils d'acier revêtus d'aluminium pour usages électriques*

CEI 61394:1997, *Lignes aériennes – Caractéristiques des produits de protection pour conducteurs nus en aluminium, en alliage d'aluminium ou en acier*

CEI 61395:1998, *Conducteurs pour lignes électriques aériennes – Procédures d'essai de fluage pour conducteurs câblés*

OPTICAL FIBRE CABLES –

Part 4-1: Aerial optical cables for high-voltage power lines

1 Scope

This International Standard covers electrical, mechanical and optical requirements, and test methods for a composite overhead ground wire with optical fibres commonly known as OPGW.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60104:1987, *Aluminium-magnesium-silicon alloy wire for overhead line conductors*

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

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

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

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

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

IEC 60794-1:1996, *Optical fibre cables – Part 1: Generic specification*

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

IEC 60794-3:1998, *Optical fibre cables – Part 3: Duct, buried and aerial cables – Sectional specification*

IEC 60888:1987, *Zinc-coated steel wires for stranded conductors*

IEC 60889:1987, *Hard-drawn aluminium wire for overhead line conductors*

IEC 61089:1991, *Round wire concentric lay overhead electrical stranded conductors*

IEC 61232:1993, *Aluminium-clad steel wires for electrical purposes*

IEC 61394:1997, *Overhead lines – Characteristics of greases for aluminium, aluminium alloy and steel bare conductors*

IEC 61395:1998, *Overhead electrical conductors – Creep test procedures for stranded conductors*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent:

3.1

câble de garde à fibres optiques

CGFO

câble possédant la double fonction de câble de garde classique et de câble de télécommunication à fibres optiques

3.2

unité optique

partie du CGFO constituée des fibres optiques et de leurs éléments de protection

NOTE – Les éléments de protection peuvent être métalliques et/ou non métalliques et peuvent participer à la charge de rupture et à la capacité de court-circuit du CGFO.

3.3

tension maximale admissible

TMA

tension maximale en condition de charge extrême, ou toute autre valeur spécifiée

3.4

charge de rupture assignée

CRA

charge de rupture calculée, selon la constitution du CGFO (voir annexe A)

3.5

marge d'allongement

élongation maximale que le CGFO peut supporter sans contrainte longitudinale sur les fibres optiques

3.6

ovalisation maximale admissible par un constituant

OMAC

ovalisation maximale admissible par le câble ou l'un de ses constituants, spécifiée par le fabricant

4 Prescriptions applicables aux CGFO

4.1 Généralités

Un CGFO doit consister en une ou plusieurs unités optiques contenues dans un conducteur nu toronné.

4.2 Fibres optiques

Toutes les fibres optiques contenues dans l'unité optique doivent satisfaire aux prescriptions de la CEI 60793.

Des fibres autres que celles spécifiées ci-dessus peuvent être utilisées, si cela est convenu entre fabricant et acheteur.

Les fibres et les unités optiques doivent suivre un code de couleur pour une identification aisée à chaque extrémité et doivent pouvoir être épissurées par fusion. Le matériau de revêtement de la fibre optique doit pouvoir être enlevé mécaniquement.

3 Definitions

For the purposes of this International Standard the following definitions apply.

3.1

optical ground wire

OPGW

wire having the dual performance functions of a conventional ground wire with optical fibre telecommunication capabilities

3.2

optical unit

part of the OPGW consisting of the optical fibres and their protecting materials

NOTE – The protecting materials may be metallic and/or non-metallic and can form part of the load-bearing and current-carrying part of the OPGW.

3.3

maximum allowable tension

MAT

maximum tension under expected worst case loading conditions, or any other specified value

3.4

rated tensile strength

RTS

calculated breaking load of the OPGW construction (see annex A)

3.5

strain margin

maximum strain the OPGW can sustain without longitudinal strain on the optical fibres.

3.6

maximum allowable ovality

MAOC

maximum allowable ovality of a cable or of its component, which is specified by the manufacturer

4 Requirements for OPGW

4.1 General

OPGW shall consist of one or more optical units contained within a stranded bare conductor.

4.2 Optical fibres

All optical fibres contained within the optical unit shall comply with the requirements of IEC 60793.

Fibres other than those specified above can be used if mutually agreed between the purchaser and manufacturer.

The fibres and fibre units shall be colour coded for ready identification at either end, and be capable of being joined by fusion splicing. The optical fibre coating material shall be mechanically removable.

4.3 Unité(s) optique(s)

L'unité optique doit contenir les fibres optiques et les protéger des dégradations dues à l'environnement et aux efforts mécaniques tels que la compression longitudinale, l'écrasement, la flexion, la torsion, la contrainte de tension, les effets de l'échauffement à court et long termes et l'humidité. L'unité optique peut contenir un produit approprié étanche à l'eau pour protéger les fibres de l'humidité et des vibrations, et peut également comporter un tube plastique ou métallique, ou un jonc rainuré.

4.4 Toronnage des fils

Les fils toronnés peuvent être de section droite circulaire, conformément à la CEI 61089, ou de section droite de forme différente, par exemple trapézoïdale, creuse, en Z, et doivent être constitués de l'un des matériaux suivants ou d'une combinaison d'entre eux:

- fils en alliage d'aluminium-magnésium-silicium (voir CEI 60104);
- fils en acier zingué pour conducteurs câblés (voir CEI 60888);
- fils en aluminium écroui (voir CEI 60889);
- fils en acier revêtus d'aluminium (voir CEI 61232).

4.5 Graisse

Pour diminuer le risque de corrosion, il peut être nécessaire de recouvrir de graisse les couches d'armure du CGFO. Le type de graisse à utiliser doit être conforme à la CEI 61394.

4.6 Etanchéité à l'eau

Dans certaines circonstances, il peut être nécessaire d'empêcher la propagation de l'eau dans l'unité optique par l'emploi d'un produit approprié étanche à l'eau. Les propriétés du produit à utiliser doivent être conformes à la CEI 60794-1, méthodes d'essai E14 et E15.

5 Caractéristiques du CGFO

La liste qui suit est un résumé des caractéristiques importantes du CGFO, qui peut être utile tant au fabricant qu'à l'acheteur. Il convient que la plupart de ces caractéristiques soient considérées en conjonction avec la distance entre pylônes, les prescriptions de flèche, la surcharge due au givre, celle due au vent et les tensions maximales admissibles aux points de suspension. La liste n'est pas définitive et d'autres caractéristiques peuvent faire l'objet d'un accord entre fabricant et acheteur.

- a) Nombre, type et caractéristiques optiques des fibres
- b) Diamètre externe (mm)
- c) Section droite calculée (mm^2)
- d) Masse linéique calculée (kg/km)
- e) CRA (kN)
- f) Module d'élasticité (N/mm^2)
- g) Coefficient de dilatation linéique (K^{-1})
- h) Résistance linéique en courant continu (Ω/km)
- i) Températures extrêmes admissibles ($^{\circ}\text{C}$)
- j) Capacité de court-circuit ($\text{kA}^2.\text{s}$)
- k) TMA (kN)
- l) Compatibilité mécanique entre le CGFO et les accessoires
- m) Aptitude au déroulage sous tension mécanique (essai à l'étude)
- n) OMAC

4.3 Optical unit(s)

The optical unit shall house the optical fibres and protect them from damage due to environmental and fault induced forces such as longitudinal compression, crushing, bending, twisting, tensile stress, long and short term heat effects, and moisture. The optical unit may contain a suitable water blocking compound for protecting the fibres against moisture and vibration, and may also include a metallic or plastic tube, or channelled rod.

4.4 Stranded wires

The stranded wires may be round as per IEC 61089 or of other cross-sectional shapes, e.g. trapezoidal, tube, Z-form, and shall be from one of, or a combination of, the following materials:

- aluminium-magnesium-silicon alloy wires (see IEC 60104);
- zinc coated steel wires for stranded conductors (see IEC 60888);
- hard drawn aluminium wires (see IEC 60889);
- aluminium-clad steel wires (see IEC 61232).

4.5 Grease

In order to reduce the risk of corrosion it may be necessary for the strands of the OPGW to be coated with grease. The type of grease to be applied shall be in accordance with IEC 61394.

4.6 Water blocking

In some circumstances it may be necessary to inhibit water penetration through the optical unit by the use of a suitable water blocking compound. The properties of the compound to be applied shall be in accordance with IEC 60794-1, test methods E14 and E15.

5 OPGW characteristics

The following list is a summary of important OPGW characteristics which may be of relevance to both the purchaser and the manufacturer. The majority of these characteristics should be considered in connection with tower distances, sag requirements, ice load, wind load and maximum permissible tensile force at suspension points. This is not a definitive list, and other characteristics may be agreed upon by both the purchaser and the manufacturer.

- a) Number, type and optical characteristics of fibres
- b) Overall diameter (mm)
- c) Calculated cross-sectional area (mm²)
- d) Calculated linear mass (kg/km)
- e) RTS (kN)
- f) Modulus of elasticity (N/mm²)
- g) Linear expansion coefficient (K⁻¹)
- h) Linear d.c. resistance (Ω/km)
- i) Maximum allowable temperature range (°C)
- j) Fault current capacity (kA².s)
- k) MAT (kN)
- l) Mechanical compatibility between OPGW and accessories
- m) Suitability for stringing under load (this test is under consideration)
- n) MAOC

6 Essais

6.1 Classification des essais

6.1.1 Essais de type

Les essais de type sont destinés à vérifier la conception de base du câble. La répétition de tout ou partie de ces essais s'impose s'il y a un changement au niveau de l'unité optique ou du matériau utilisé dans le CGFO.

Les essais à réaliser et les critères de chaque essai doivent être déterminés après accord entre fabricant et acheteur.

Les essais de type ne doivent être réalisés que sur un CGFO qui satisfait aux prescriptions de tous les essais sur prélèvements.

6.1.2 Essais sur prélèvements

Les essais sur prélèvements sont destinés à garantir la qualité des CGFO et leur conformité aux prescriptions de la présente norme.

6.2 Prescriptions d'essai

6.2.1 Essais de type

6.2.1.1 Sur les fibres optiques

Tous les essais de type sur les fibres optiques doivent être effectués selon les méthodes d'essai de la CEI 60793.

6.2.1.2 Sur le CGFO terminé

- a) Contrainte-déformation (voir 8.1)
- b) Traction (voir 8.2)
- c) Passage sur poulies (voir 8.3)
- d) Vibrations éoliennes (voir 8.4)
- e) Galop (voir 8.5)
- f) Fluage (voir 8.6)
- g) Cycles de température (voir 8.7)
- h) Pénétration d'eau (voir 8.8)
- i) Court-circuit (voir 8.9)
- j) Foudre (voir 8.10)

6.2.2 Essais sur prélèvements

6.2.2.1 Fibres optiques

La mesure de l'atténuation optique des fibres doit être réalisée conformément à l'une des méthodes données dans la CEI 60793-1-4.

Le taux d'échantillonnage doit être de 100 %.

Pour les autres caractéristiques des fibres optiques, le taux d'échantillonnage doit être déterminé suivant un accord entre fabricant et acheteur.

6 Tests

6.1 Classification of tests

6.1.1 Type tests

The type tests are intended to verify the basic design concept. Repeat of these or selected tests is necessary if there is a change in the optical unit or material used in the OPGW.

The actual test items to be performed and the criteria for each test shall be determined in accordance with agreement between purchaser and manufacturer.

Type tests shall be carried out only on an OPGW which meets the requirements of all the relevant sample tests.

6.1.2 Sample tests

Sample tests are intended to guarantee the quality of the OPGW and its compliance with the requirements of this standard.

6.2 Test requirements

6.2.1 Type tests

6.2.1.1 On optical fibres

All type tests on optical fibres shall be performed in accordance with the test methods given in IEC 60793.

6.2.1.2 On completed OPGW

- a) Stress-strain (see 8.1)
- b) Tensile (see 8.2)
- c) Sheave (see 8.3)
- d) Aeolian (see 8.4)
- e) Galloping (see 8.5)
- f) Creep (see 8.6)
- g) Temperature cycling (see 8.7)
- h) Water penetration (see 8.8)
- i) Short circuit (see 8.9)
- j) Lightning (see 8.10)

6.2.2 Sample tests

6.2.2.1 Optical fibres

Fibre optical attenuation measurements shall be in accordance with one of the methods given in IEC 60793-1-4.

The sampling rate shall be 100 %.

For other fibre characteristics, sampling rates shall be determined in accordance with agreement between purchaser and manufacturer.

6.2.2.2 Unité optique

- a) Dimensions
- b) Charge de rupture et allongement
- c) Résistance électrique

NOTE – Les essais b) et c) ne sont effectués que si l'unité optique a été prise en compte dans le calcul des valeurs de résistance et de CRA du CGFO terminé.

Le taux d'échantillonnage doit être de 10 %.

6.2.2.3 Sur les brins avant câblage

- a) Conformément à la CEI 60104 pour les brins en alliage d'aluminium-magnésium-silicium
- b) Conformément à la CEI 60888 pour les brins en acier zingué;
- c) Conformément à la CEI 60889 pour les brins d'aluminium;
- d) Conformément à la CEI 61232 pour les brins d'acier revêtus d'aluminium.

Le taux d'échantillonnage doit être de 10 %.

6.2.2.4 CGFO terminé

Le CGFO terminé doit satisfaire aux prescriptions du 6.2.2 b de la CEI 61089.

Le taux d'échantillonnage doit être de 10 %.

6.3 Examen

L'examen doit être réalisé selon les prescriptions du 6.7 de la CEI 61089.

7 Conditionnement et marquage

Conformément aux prescriptions de l'article 7 de la CEI 61089, complété par les prescriptions suivantes:

- a) le conditionnement du CGFO doit autoriser l'accès à l'une au moins des extrémités du CGFO, de façon à permettre le contrôle des fibres;
- b) les extrémités du CGFO doivent être hermétiquement fermées par un moyen approprié pour empêcher toute entrée d'humidité;
- c) les longueurs de livraison et les tolérances doivent être déterminées selon un accord entre fabricant et acheteur;
- d) les longueurs courtes ne sont pas admises.

8 Prescriptions d'essai

8.1 Essai de contrainte-déformation

Les essais de contrainte-déformation doivent être effectués pour déterminer le comportement mécanique du CGFO dans des conditions de charge et sont réalisés conformément à l'annexe B de la CEI 61089. La longueur des échantillons doit être supérieure à 10 m (des longueurs plus courtes peuvent être convenues entre fabricant et acheteur). On doit utiliser des ancrages de type préformé spiralé, comprimé, à base de résine époxy ou soudés, agréés par l'acheteur. Durant l'essai, on ne doit pas observer de dégradation de l'armure du CGFO. On doit noter toutes les valeurs de contrainte et de déformation obtenues durant l'essai.

6.2.2.2 Optical unit

- a) Dimensions
- b) Tensile strength and elongation
- c) Electric resistance

NOTE – Tests b) and c) are to be carried out only if the optical unit has been included in the calculations for the completed OPGW resistance and RTS values.

The sampling rate shall be 10 %.

6.2.2.3 On wire before stranding:

- a) As per IEC 60104 for aluminium-magnesium-silicon alloy wires
- b) As per IEC 60888 for zinc coated steel wires
- c) As per IEC 60889 for aluminium wires
- d) As per IEC 61232 for aluminium clad steel wires

The sampling rate shall be 10 %.

6.2.2.4 Completed OPGW

The completed OPGW shall comply with the requirements of 6.2.2 b) of IEC 61089.

The sampling rate shall be 10 %.

6.3 Inspection

Inspection shall be in accordance with the requirements of 6.7 of IEC 61089.

7 Packaging and marking

In accordance with the requirements of clause 7 of IEC 61089, but with the following additional requirements:

- a) the packaging of the OPGW shall allow access to one or both ends of the OPGW in order to perform fibre checks;
- b) both ends of the OPGW shall be sealed by a suitable method in order to prevent moisture ingress;
- c) the delivery lengths and tolerances shall be determined in accordance with agreement between purchaser and manufacturer;
- d) random lengths shall not be allowed.

8 Test requirements

8.1 Stress-strain test

Stress-strain tests shall be performed to determine the mechanical behaviour of the OPGW when tensile load is applied and shall be in accordance with annex B of IEC 61089. The sample length shall be greater than 10 m (shorter sample lengths may be used if agreed between purchaser and manufacturer). End fittings such as helically preformed fittings, compression, epoxy type or solder type approved by the purchaser shall be used. During the test there shall be no visual damage to the OPGW strands. All stress and strain values obtained during the test shall be tabulated.

Lorsque des essais de rupture du CGFO sont prescrits, celui-ci doit supporter, sans rupture d'aucun de ses brins, au moins 95 % de sa CRA.

8.2 Essai de résistance à la traction

L'essai de résistance à la traction doit être réalisé pour déterminer le comportement de l'unité optique du CGFO sous tension mécanique, en ce qui concerne:

- a) les performances optiques (variations de l'atténuation optique);
- b) les contraintes sur les fibres;
- c) la marge d'allongement.

NOTE – Les mesures des contraintes sur les fibres et de la marge d'allongement ne s'appliquent qu'aux constructions à structure lâche.

Les conditions de charge sont celles de l'annexe B de la CEI 61089. La longueur de l'échantillon de CGFO sous contrainte doit être d'au moins 10 m (des longueurs plus courtes peuvent être convenues entre fabricant et acheteur). La longueur de fibre optique en essai doit être d'au moins 100 m pour les mesures d'atténuation optique et d'au moins 30 m pour les mesures de la marge d'allongement. L'atténuation optique doit être mesurée au moyen d'une source lumineuse et d'un puissancemètre, chacun étant raccordé à l'une des extrémités de la fibre en essai.

Un réflectomètre optique peut être utilisé, mais la longueur minimale de fibre optique doit être déterminée en fonction des caractéristiques du réflectomètre. L'échantillon en essai doit être équipé d'ancrages appropriés tels, qu'avant déformation, aucun constituant de l'unité optique ne puisse se déplacer par rapport au CGFO.

A l'issue de l'essai, les critères qui suivent doivent être pris en considération:

- a) une augmentation permanente ou temporaire de l'atténuation optique supérieure à la valeur spécifiée pour une tension égale à la TMA du CGFO doit être considérée comme un échec;
- b) une déformation de la fibre supérieure à la valeur spécifiée pour une tension égale à la TMA du CGFO doit être considérée comme un échec.

8.3 Essai de passage sur poulies

L'essai de passage sur poulies doit être effectué pour vérifier que l'installation du CGFO ne va pas l'endommager ou dégrader ses performances. Deux dispositifs d'essai sont indiqués en annexe B, le choix de l'un ou de l'autre étant fait selon accord entre fabricant et acheteur.

A l'issue de l'essai, les critères suivants doivent être pris en considération:

- a) toute augmentation permanente de l'atténuation optique supérieure à celle spécifiée doit être considérée comme un échec;
- b) l'ovalisation de l'unité optique ne doit pas dépasser son OMAC, celle-ci étant calculée comme suit:

$$(d_1 - d_2)/(d_1 + d_2) \%$$

où

d_1 est le diamètre maximal mesuré du câble ou du constituant;

d_2 est le diamètre minimal du câble ou du constituant, mesuré dans la même section droite que d_1 .

De plus, on ne doit pas constater de dégradation altérant les propriétés du CGFO.

When tests for the breaking strength of the OPGW are required, the OPGW shall withstand, without fracture of any wire, not less than 95 % of its RTS.

8.2 Tensile performance test

The tensile performance test shall be performed to determine the optical behaviour of the OPGW under tensile load with regard to the following:

- a) optical performance (optical attenuation change);
- b) fibre strain;
- c) strain margin.

NOTE – Measurement of fibre strain and strain margin is applicable to loose tube constructions only.

Loading conditions are as per annex B of IEC 61089. The length of the OPGW test specimen under stress shall be a minimum of 10 m (shorter lengths may be used if agreed between purchaser and manufacturer). The optical fibre test specimen shall be a minimum of 100 m for optical attenuation measurement and a minimum of 30 m for fibre strain measurement. Fibre optical attenuation shall be measured using a light source and power meter connected to either end of the test fibre.

An Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) may be used, but the minimum optical fibre length shall be determined by the characteristics of the OTDR. The test sample shall be terminated with suitable end fittings and in such a manner that prior to strain, no components of the optical unit can move relative to the OPGW.

On completion of the test, the following criteria shall be considered:

- a) a permanent or temporary increase in optical attenuation greater than the specified value at the MAT loading of the OPGW shall constitute a failure;
- b) a strain margin less than the specified value up to the MAT shall constitute a failure.

8.3 Sheave test

The sheave test shall be performed to verify that the installation of the OPGW will not damage or degrade its performance. Two test arrangements are given in annex B, one of which can be selected by agreement between manufacturer and purchaser.

On completion of the test, the following criteria shall be considered:

- a) any permanent increase in optical attenuation greater than the specified value shall constitute a failure;
- b) the ovality of the optical unit shall not exceed the MAOC of the optical unit, when calculated as:

$$(d_1 - d_2)/(d_1 + d_2) \%$$

where

d_1 is the maximum measured diameter of the cable or the component;

d_2 is the minimum diameter of the cable or component measured at the same cross-section as d_1 .

In addition, there shall be no damage that impairs the properties of the OPGW.

8.4 Essai de vibrations éoliennes

Le but de l'essai de vibrations éoliennes est d'évaluer le comportement en fatigue du CGFO ainsi que ses caractéristiques optiques lorsqu'il est soumis à des vibrations éoliennes typiques. Un dispositif d'essai est indiqué en annexe C.

A l'issue de l'essai, les critères suivants doivent être pris en considération:

- a) toute augmentation permanente ou temporaire de l'atténuation optique supérieure à celle spécifiée doit être considérée comme un échec;
- b) l'ovalisation de l'unité optique ne doit pas dépasser son OMAC, celle-ci étant calculée comme suit:

$$(d_1 - d_2)/(d_1 + d_2) \%$$

où

d_1 est le diamètre maximal mesuré du câble ou du constituant;

d_2 est le diamètre minimal du câble ou du constituant, mesuré dans la même section droite que d_1 ;

- c) tout endommagement mécanique de l'armure tel que cage d'oiseaux, brin cassé, doit être considéré comme un échec.

8.5 Essai de galop (s'il est spécifié)

Le but de l'essai de galop est d'évaluer le comportement en fatigue du CGFO ainsi que ses caractéristiques optiques lorsqu'il est soumis à un mouvement de galop typique. Un dispositif d'essai est indiqué en annexe D.

A l'issue de l'essai, les critères suivants doivent être pris en considération:

- a) toute augmentation permanente ou temporaire de l'atténuation optique supérieure à celle spécifiée doit être considérée comme un échec;
- b) l'ovalisation de l'unité optique ne doit pas dépasser son OMAC, celle-ci étant calculée comme suit:

$$(d_1 - d_2)/(d_1 + d_2) \%$$

où

d_1 est le diamètre maximal mesuré du câble ou du constituant;

d_2 est le diamètre minimal du câble ou du constituant, mesuré dans la même section droite que d_1 ;

- c) tout endommagement mécanique de l'armure tel que cage d'oiseaux, brin cassé, doit être considéré comme un échec.

8.6 Essai de fluage (s'il est spécifié)

L'essai de fluage doit être réalisé conformément aux prescriptions de la CEI 61395.

8.4 Aeolian vibration test

The aeolian vibration test shall assess the fatigue performance of the OPGW and also the optical characteristics of the fibres under typical aeolian vibrations. A test arrangement is given in annex C.

On completion of the test the following criteria shall be considered:

- a) any permanent or temporary increase in optical attenuation greater than the specified value shall constitute a failure;
- b) the ovality of the optical unit shall not exceed the MAOC of the optical unit, when calculated as:

$$(d_1 - d_2)/(d_1 + d_2) \%$$

where

d_1 is the maximum measured diameter of the cable or the component;

d_2 is the minimum diameter of the cable or component measured at the same cross-section as d_1 ;

- c) any mechanical damage to the strands, for example birdcaging, broken wires, shall constitute a failure.

8.5 Galloping test (when specified)

The galloping vibration test shall assess the fatigue performance of the OPGW and also the optical characteristics of the fibres under typical galloping motion. A test arrangement is given in annex D.

On completion of the test the following criteria shall be considered:

- a) any permanent or temporary increase in optical attenuation greater than the specified value shall constitute a failure;
- b) the ovality of the optical unit shall not exceed the MAOC of the optical unit, when calculated as:

$$(d_1 - d_2)/(d_1 + d_2) \%$$

where

d_1 is the maximum measured diameter of the cable or the component;

d_2 is the minimum diameter of the cable or component measured at the same cross-section as d_1 ;

- c) any mechanical damage to the strands, for example birdcaging, broken wires, shall constitute a failure.

8.6 Creep test (when specified)

The creep test shall be performed in accordance with IEC 61395.

8.7 Essai de cycles de température (s'il est spécifié)

L'essai de cycles de température doit être réalisé conformément à la méthode CEI 60794-1-F1, avec les paramètres suivants:

- a) longueur de fibre: 500 m au moins;
- b) nombre de fibres: selon accord entre fabricant et acheteur;
- c) nombre de cycles: 2 cycles, sauf accord contraire entre fabricant et acheteur;
- d) vitesse de chauffage: appropriée;
- e) vitesse de refroidissement: appropriée;
- f) température maximale: selon accord entre fabricant et acheteur;
- g) température minimale: selon accord entre fabricant et acheteur;
- h) durée des paliers: 24 h maximum, sauf accord contraire entre fabricant et acheteur.

Cet essai doit être réalisé sur le CGFO terminé.

A l'issue de l'essai, toute augmentation permanente ou temporaire de l'atténuation optique supérieure à celle spécifiée doit être considérée comme un échec.

8.8 Essai de pénétration d'eau (s'il est spécifié)

L'essai de pénétration d'eau doit être réalisé sur des unités optiques (avec ou sans tube métallique) contenant des produits étanches à l'eau adaptés, selon la méthode CEI 60794-1-F5.

A l'issue de l'essai, on ne doit pas déceler de présence d'eau à l'extrémité de la longueur en essai.

8.9 Essai de court-circuit

L'essai de court-circuit doit être effectué pour évaluer les performances du CGFO ainsi que ses caractéristiques optiques lors d'un court-circuit typique.

Un dispositif d'essai est indiqué en annexe E.

A l'issue de l'essai, les critères suivants doivent être pris en considération:

- a) toute augmentation permanente ou temporaire de l'atténuation optique supérieure à celle spécifiée doit être considérée comme un échec;
- b) la température maximale atteinte par tout constituant du CGFO (armure ou unité optique) doit être conforme à la limite de température spécifiée par le fournisseur.

Après l'essai de court-circuit, l'échantillon doit être soumis à un essai de traction pour déterminer sa charge de rupture. Aucune rupture de brin ne doit survenir à une valeur inférieure à 75 % de sa CRA.

A l'issue de l'essai, on doit examiner l'unité optique pour déceler une éventuelle dégradation des constituants non métalliques.

8.7 Temperature cycling test (when specified)

The temperature cycling test shall be performed in accordance with method IEC 60794-1-F1 with the following test parameters:

- a) fibre length: 500 m minimum;
- b) number of fibres: as agreed between purchaser and manufacturer;
- c) number of cycles: 2 cycles, unless agreed otherwise between purchaser and manufacturer;
- d) ramp rate: appropriate rate;
- e) cooling rate: appropriate rate;
- f) maximum temperature: as agreed between purchaser and manufacturer;
- g) minimum temperature: as agreed between purchaser and manufacturer;
- h) soak time: maximum 24 h, unless agreed otherwise between purchaser and manufacturer.

This test shall be applied to the completed OPGW.

On completion of the test, any permanent or temporary increase in optical attenuation greater than the specified value shall constitute a failure.

8.8 Water penetration test (when specified)

The water penetration test shall be performed on optical units containing suitable water-blocking compounds (with or without the metallic tube) in accordance with method IEC 60794-1-F5.

On completion of the test, no water shall be detected at the end of the sample length.

8.9 Short-circuit test

The short-circuit test shall assess the performance of the OPGW and the optical characteristics of the fibres under typical short-circuit conditions.

A test arrangement is given in annex E.

On completion of the test, the following criteria shall be considered:

- a) any permanent or temporary increase in optical attenuation greater than the specified value shall constitute a failure;
- b) the maximum temperature reached by any component of the OPGW (armouring or optical unit) shall be within the supplier's specified temperature limit.

After the short-circuit test, the sample shall be subjected to a tensile test to determine its breaking strength. It shall withstand, without fracture of any wires, not less than 75 % of its RTS.

After completion of test, the optical core shall be examined for degradation of non-metallic components.

8.10 Essai de choc de foudre

Deux méthodes d'essai sont indiquées en annexes F et G, le choix de l'une ou de l'autre étant fait selon accord entre fabricant et acheteur.

8.10.1 Essai de vérification pour des conditions de foudre spécifiées

Dans cet essai, le CGFO et ses constituants doivent supporter, sans dégradation, un échauffement rapide dû à un choc de foudre de courant spécifié.

L'annexe F donne un exemple typique de dispositif d'essai.

Il convient que le contrôle optique du CGFO fasse l'objet d'un accord entre fabricant et acheteur.

A l'issue de l'essai, les critères suivants doivent être pris en considération:

- a) toute augmentation permanente ou temporaire de l'atténuation optique, supérieure à celle spécifiée doit être considérée comme un échec;
- b) s'il y a rupture d'un ou de plusieurs brins, on doit calculer la charge de rupture résiduelle du CGFO à partir des brins restés intacts. Si la charge de rupture résiduelle calculée est inférieure à 75 % de la CRA originelle, cela doit être considéré comme un échec.

8.10.2 Essai d'évaluation pour déterminer la capacité d'endurance du CGFO face à la foudre, comparativement à celle d'un câble de garde équivalent

Le but de cet essai est d'évaluer les performances du CGFO en comparaison avec celles d'un câble de garde équivalent, dans des conditions spécifiées.

Il convient que le contrôle optique du CGFO fasse l'objet d'un accord entre fabricant et acheteur.

L'annexe G donne un exemple typique de dispositif d'essai.

Le nombre de ruptures de brins doit être comparé avec celui du câble de garde équivalent. Les critères de réussite ou d'échec applicables à cet essai doivent faire l'objet d'un accord entre fabricant et acheteur.

8.10 Lightning test

Two alternative test methods are given in annexes F and G, one of which shall be selected by agreement between the manufacturer and purchaser.

8.10.1 Proof test for given lightning condition

In this test the OPGW and its components shall withstand, without degradation, a short-term temperature rise due to a specified lightning stroke current.

A typical test arrangement is given in annex F.

Optical monitoring of the OPGW should be by agreement between manufacturer and purchaser.

On completion of the test, the following criteria shall be considered:

- a) any permanent or temporary increase in optical attenuation greater than the specified value shall constitute a failure;
- b) if any wires are found to be broken, then the residual strength of the OPGW shall be calculated for the remaining unbroken wires. If the calculated residual strength is less than 75 % of the original declared RTS, then this shall constitute a failure.

8.10.2 Evaluation test for determining lightning endurance capability of OPGW when compared with equivalent earthwire

This test shall evaluate the performance of the OPGW when compared with an equivalent earthwire under specified conditions.

Optical monitoring of the OPGW should be by agreement between manufacturer and purchaser.

A typical test arrangement is given in annex G.

The number of wire breaks shall be compared with those of the equivalent earthwire. The pass/fail criteria for this test shall be agreed between the purchaser and manufacturer.

Annexe A (informative)

Méthodes recommandées pour le calcul de la charge de rupture assignée, de la section d'une couche de brins de forme trapézoïdale, du module d'élasticité, du coefficient de dilatation linéique et de la résistance en courant continu

A.1 Calcul de la charge de rupture assignée (CRA)

Il convient que ce calcul soit basé sur la charge de rupture de l'armure et des matériaux de l'unité optique (le cas échéant) avant câblage.

Si le CGFO est de type Ax, Ax/Syz ou Ax/Ay, la CRA est calculée selon la CEI-61089. Dans les cas où les éléments assurant la tenue mécanique sont en acier homogène ou en acier revêtu d'aluminium, la CRA est égale à 90 % de la somme de la charge de rupture des brins pris individuellement.

A.2 Calcul de la section droite d'une couche de brins trapézoïdaux ou en Z

Il convient de calculer cette valeur à partir de la formule suivante:

$$A = (D_o^2 - D_i^2) (\pi/4) f$$

où

A est la section droite totale des brins profilés (mm²);

D_o est le diamètre externe de la couche profilée (mm);

D_i est le diamètre interne de la couche profilée (mm);

f est le facteur de forme.

Valeurs typiques:

- brins en acier revêtu d'aluminium ou en acier zingué, f = 0,90
- brins en aluminium ou en alliage d'aluminium, f = 0,92

A.3 Calcul du module d'élasticité final (E)

Il convient de calculer cette valeur à partir de la formule suivante:

$$E = \frac{\sum (E_n \cdot A_n)}{\sum A_n}$$

où

E_n est la valeur du module de chacun des matériaux (N/mm²);

A_n est la section droite du matériau considéré (mm²).

Cette formule donne un module constant correspondant à une relation linéaire contrainte-déformation. Elle constitue une approximation du module d'élasticité réel déterminé lors de l'essai décrit en 8.1.

Annex A (informative)

Recommended methods of calculating rated tensile strength, cross-section of a layer of trapezoidal shaped wires, modulus of elasticity, linear expansion and d.c. resistance

A.1 Calculation of rated tensile strength (RTS)

This calculation should be based on the tensile strength of the armouring and optical unit materials (where applicable) before stranding.

If the OPGW is of type Ax, Ax/Syz or Ax/Ay, the RTS is calculated in accordance with IEC 61089. In cases where the load bearing elements are homogenous steel or aluminium clad steel, the RTS is 90 % of the summation of the tensile strength of the individual wires.

A.2 Calculation of the cross-sectional area of a layer of trapezoidal or Z shaped wires

The value should be calculated from the formula:

$$A = (D_o^2 - D_i^2) (\pi/4) f$$

where

A is the total cross-sectional area of the shaped wire (mm^2);

D_o is the outer diameter of the shaped layer (mm);

D_i is the inner diameter of the shaped layer (mm);

f is the space factor.

Typical values:

- aluminium clad steel, zinc coated steel wires, $f = 0,90$
- aluminium, aluminium alloy wires, $f = 0,92$

A.3 Calculation of the final modulus of elasticity (E)

The value should be calculated from the following formula:

$$E = \frac{\sum(E_n \cdot A_n)}{\sum A_n}$$

where

E_n is the value of the modulus for each material (N/mm^2);

A_n is the cross-sectional area for the corresponding material (mm^2).

This formula gives a constant modulus corresponding to a linear stress-strain graph and forms a straight line. This is an approximation of the real modulus of elasticity as achieved from the test given in 8.1.

A.4 Calcul du coefficient de dilatation linéaire (β)

Il convient de calculer cette valeur à partir de la formule suivante:

$$\beta = \frac{\sum(\beta_n \cdot E_n \cdot A_n)}{\sum(E_n \cdot A_n)}$$

où

E_n est la valeur du module de chaque matériau (N/mm^2);

A_n est la section droite du matériau considéré (mm^2);

β_n est la valeur du coefficient de dilatation linéaire du matériau considéré (K^{-1}).

A.5 Calcul de la résistance en courant continu

Il convient de calculer cette valeur à partir de la formule suivante:

$$R = \frac{1}{\sum_n 1/R_n}$$

où

R est la résistance linéique en courant continu du CGFO terminé (Ω/km);

R_n est la résistance linéique en courant continu de chacun des matériaux (Ω/km);

avec

$$R_n = \frac{\rho}{\sum_i A_i / F_i}$$

où

ρ est la résistivité du matériau ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$);

A_i est la section d'un matériau donné dans la $i^{\text{ème}}$ couche (mm^2);

F_i est le coefficient de câblage de la $i^{\text{ème}}$ couche.

NOTE – Si l'unité optique est incluse dans le calcul ci-dessus, alors $F_i = 1$.

A.4 Calculation of coefficient of linear expansion (β)

The value should be calculated from the following formula:

$$\beta = \frac{\sum(\beta_n \cdot E_n \cdot A_n)}{\sum(E_n \cdot A_n)}$$

where

E_n is the value of the modulus for each material (N/mm²);

A_n is the cross-sectional area for the corresponding material (mm²);

β_n is the value of the coefficient of linear expansion for each material (K⁻¹).

A.5 Calculation of d.c. resistance

The value should be calculated from the following formula:

$$R = \frac{1}{\sum_n 1/R_n}$$

where

R is the linear d.c. resistance of the completed OPGW (Ω/km);

R_n is the linear d.c. resistance of each material (Ω/km);

with

$$R_n = \frac{\rho}{\sum_i A_i / F_i}$$

where

ρ is the resistivity of material (Ω · mm²/km);

A_i is the area of a given material in the i th layer (mm²);

F_i is the lay ratio of the i th layer.

NOTE – $F_i = 1$, when the optical unit is the central element of the OPGW.

Annexe B (normative)

Méthodes pour l'essai de passage sur poulies

B.1 Méthode A

B.1.1 Dispositif d'essai

Un équipement typique pouvant être utilisé pour la réalisation de l'essai de passage sur poulies est représenté à la figure B.1. L'échantillon en essai doit être fixé à chaque extrémité au moyen d'ancrages appropriés. La longueur de fibre optique en essai doit être d'au moins 100 m. L'atténuation optique de la fibre doit être mesurée au moyen d'une source lumineuse et d'un puissancemètre, chacun étant raccordé à l'une des extrémités de la fibre en essai. Un réflectomètre optique peut être utilisé, mais la longueur de fibre minimale doit être déterminée en fonction des caractéristiques du réflectomètre.

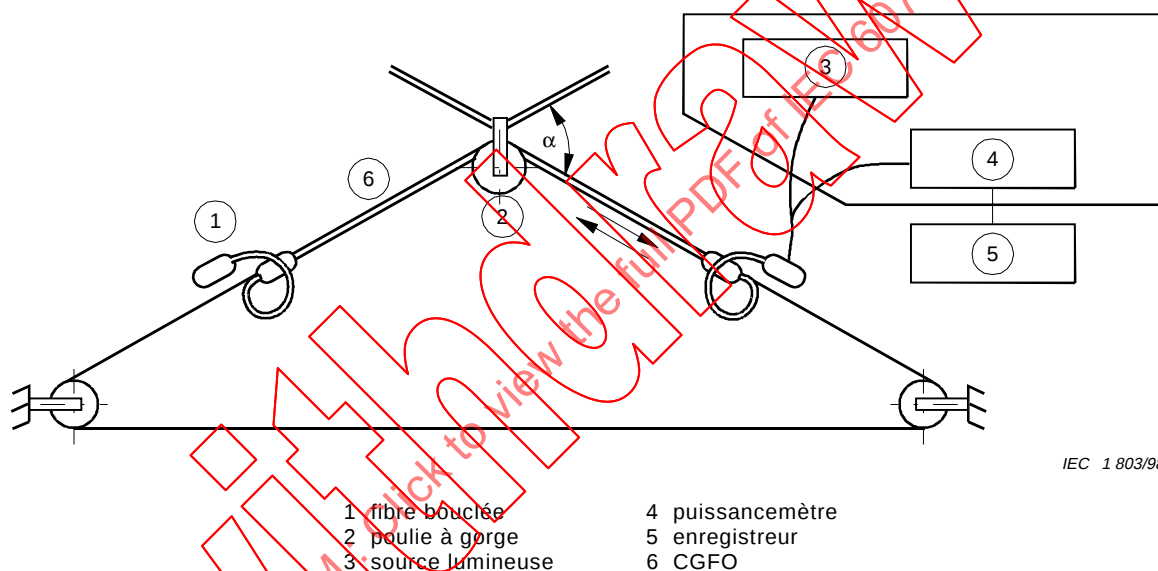


Figure B.1 – Dispositif d'essai de passage sur poulies – Méthode A

B.1.2 Conditions d'essai

Les conditions générales d'essai sont les suivantes:

- angle au niveau de la poulie (α): 30°, sauf accord contraire entre fabricant et acheteur
- charge mécanique: 15 % de la CRA, sauf accord contraire entre fabricant et acheteur
- nombre de cycles: 10 (un cycle signifiant un aller et un retour)
- diamètre de la poulie: selon accord entre fabricant et acheteur

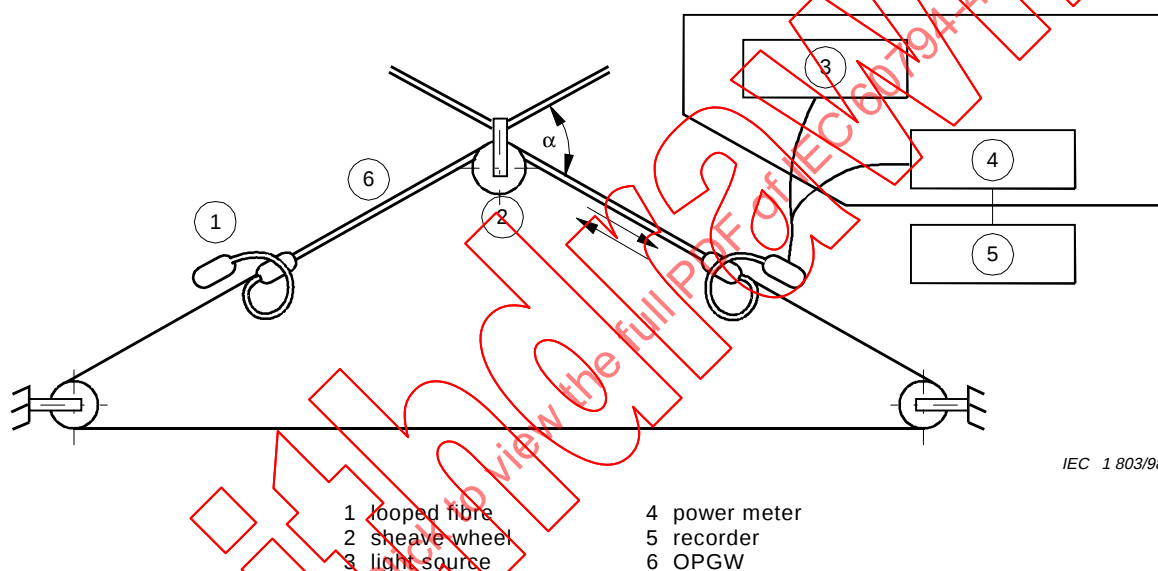
Annex B (normative)

Sheave test methods

B.1 Method A

B.1.1 Test set-up

A typical arrangement which can be used for the sheave test is shown in figure B.1. The test sample shall be terminated at each end with suitable end fittings. The test length of the optical fibre shall be a minimum of 100 m. Fibre optical attenuation shall be measured using a light source and power meter connected to either end of the test fibre. An OTDR may be used, but the minimum optical fibre length shall be determined by the characteristics of the OTDR.



IEC 1803/98

Figure B.1 – Sheave test arrangement – Method A

B.1.2 Test conditions

The general test conditions are as follows:

- pulling angle (α): 30°, unless otherwise agreed between purchaser and manufacturer
- tensile load: 15 % of RTS, unless otherwise agreed between purchaser and manufacturer
- number of cycles: 10 (one cycle being forwards and backwards)
- sheave diameter: to be agreed between purchaser and manufacturer

B.1.3 Modalités d'essai

On fait passer sur la poulie une longueur d'au moins 5 m de CGFO, selon le nombre de cycles prescrit. Avant le premier passage, le début, le milieu et la fin de cette longueur d'essai doivent être repérés. L'atténuation optique doit être mesurée tout au long de l'essai. Après l'essai, l'ovalisation du CGFO et de ses constituants doit être déterminée en chacun des points repérés et comparée avec leur OMAC.

B.2 Méthode B

B.2.1 Dispositif d'essai

Un équipement typique pouvant être utilisé pour la réalisation de l'essai de passage sur poulies est représenté à la figure B.2. L'échantillon en essai doit être fixé à chaque extrémité au moyen d'ancrages appropriés. La longueur de fibre optique en essai doit être d'au moins 100 m. L'atténuation optique de la fibre doit être mesurée au moyen d'une source lumineuse et d'un puissancemètre, chacun étant raccordé à l'une des extrémités de la fibre en essai. Un réflectomètre optique peut être utilisé, mais la longueur de fibre minimale doit être déterminée en fonction des caractéristiques du réflectomètre.

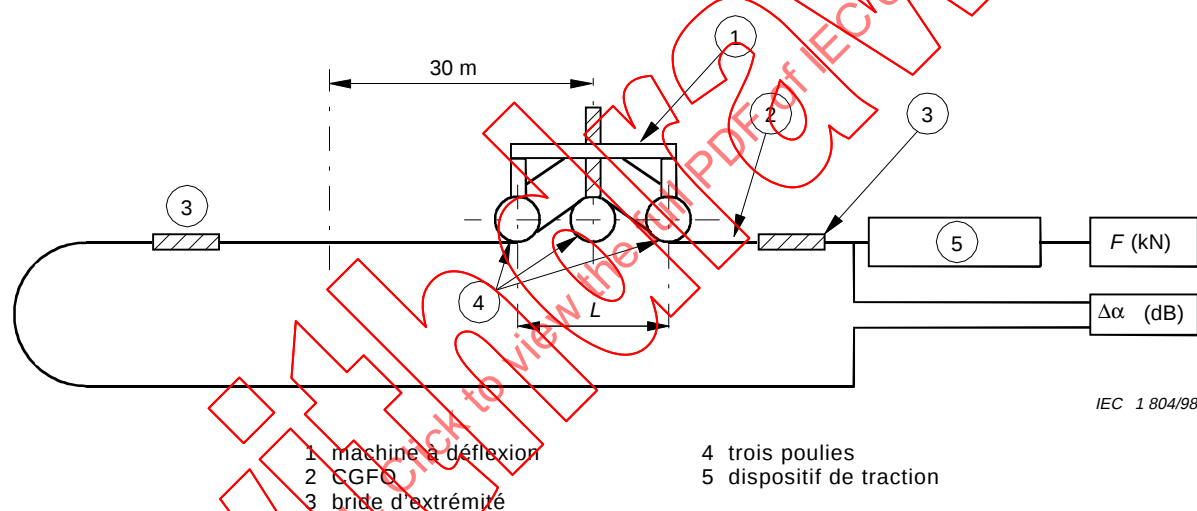


Figure B.2 – Dispositif d'essai de passage sur poulies – Méthode B

B.2.2 Conditions d'essai

Les conditions générales d'essai sont les suivantes:

- angle au niveau de la poulie centrale: 30°, sauf accord contraire entre fabricant et acheteur
- charge mécanique: 15 % de la CRA, sauf accord contraire entre fabricant et acheteur
- nombre de cycles: 3 (un cycle signifiant un aller et un retour)
- diamètre de la poulie et distance L : selon accord entre fabricant et acheteur

B.2.3 Modalités d'essai

Une longueur d'au moins 50 m de CGFO doit être soumise à une charge égale à 15 % de sa CRA. La machine à déflexion doit se déplacer sur une longueur de 30 m de l'échantillon de CGFO, selon le nombre de cycles prescrit. Avant le premier cycle, le début, le milieu et la fin de cette longueur d'essai doivent être repérés. L'atténuation optique doit être mesurée tout au long de l'essai. Après l'essai, l'ovalisation du CGFO et de ses constituants doit être déterminée en chacun des points repérés et comparée avec leur OMAC.

B.1.3 Test procedure

A 5 m minimum test length of OPGW shall be pulled through the sheave for the required number of cycles. Before the first pull, the beginning, midpoint and end of this length shall be marked. The optical attenuation shall be measured throughout the test. After the test, the ovality of the OPGW and its components shall be determined and compared with their relative MAOC at each of the marked points.

B.2 Method B

B.2.1 Test set-up

A typical arrangement which can be used for the sheave test is shown in figure B.2. The test sample shall be terminated at each end with suitable fittings. The test length of the optical fibre shall be a minimum of 100 m. Fibre optical attenuation shall be measured using a light source and power meter connected to either end of the test fibre. An OTDR may be used, but the minimum optical fibre length shall be determined by the characteristics of the OTDR.

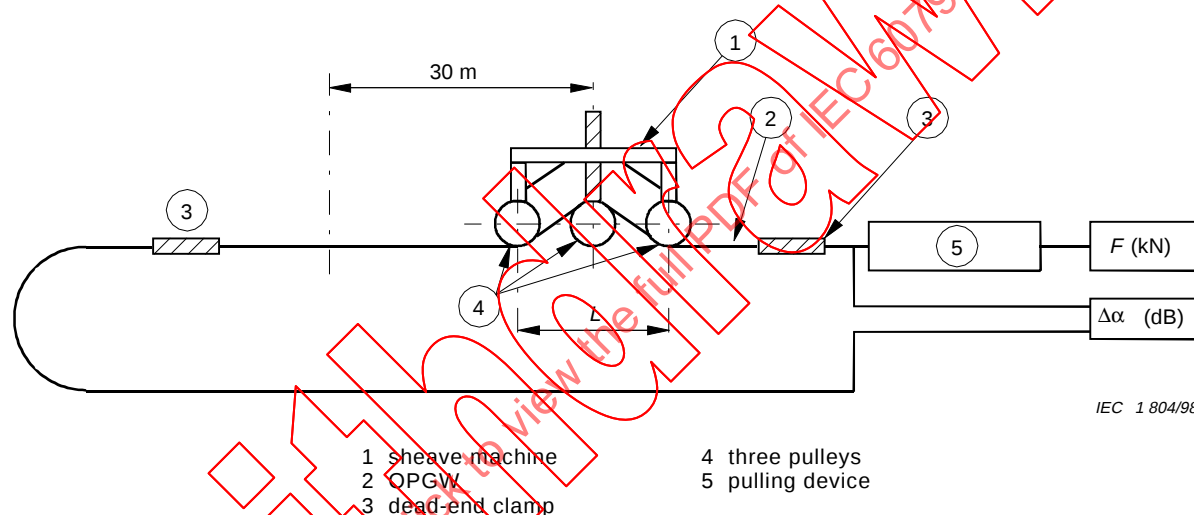


Figure B.2 – Sheave test arrangement – Method B

B.2.2 Test conditions

The general test conditions are as follows:

- pulling angle on the central sheave: 30°, unless otherwise agreed between purchaser and manufacturer
- tensile load: 15 % of RTS, unless otherwise agreed between purchaser and manufacturer
- number of cycles: 3 (one cycle being forwards and backwards)
- sheave diameter and distance L : to be agreed between purchaser and manufacturer

B.2.3 Test procedure

A 50 m minimum sample length of OPGW shall be loaded up to 15 % RTS. The sheave machine shall move over a 30 m test length of the OPGW sample for the specified number of cycles. Before the first cycle, the beginning, midpoint and end of the test length shall be marked. The optical attenuation shall be measured throughout the test. After the test, the ovality of the OPGW and its components shall be determined and compared with their relative MAOC at each of the marked points.

Annexe C (normative)

Méthode pour l'essai de vibrations éoliennes

C.1 Dispositif d'essai

Un équipement typique pouvant être utilisé pour l'essai de vibrations éoliennes est représenté à la figure C.1.

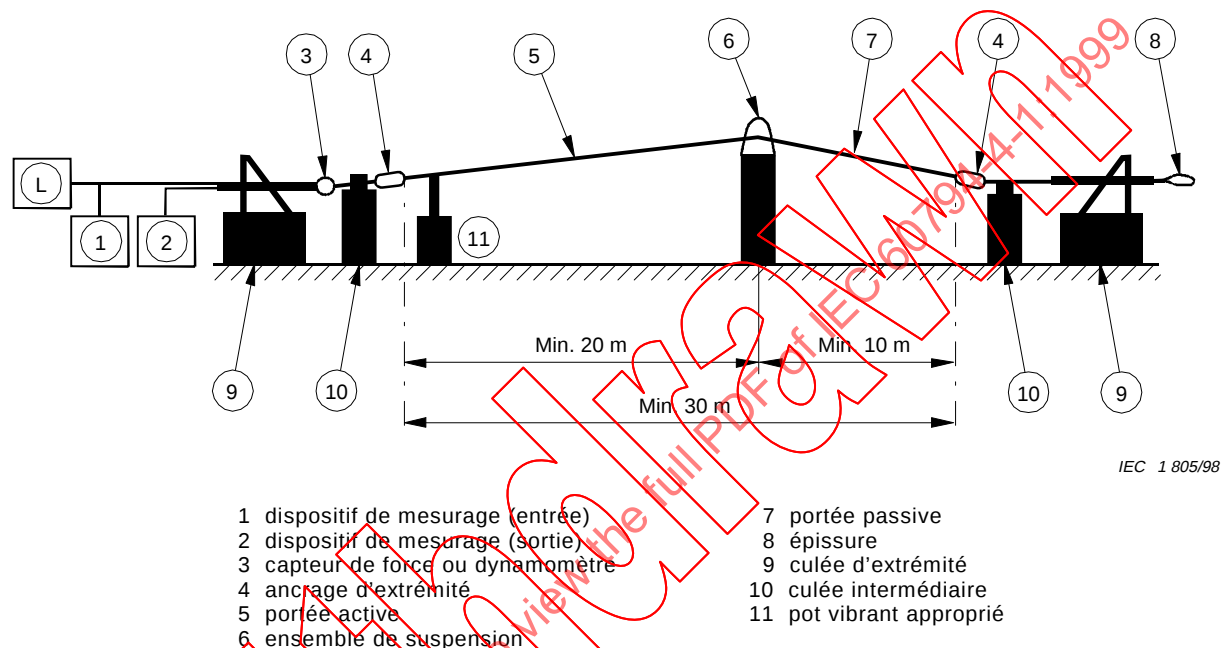


Figure C.1 – Dispositif d'essai de vibrations éoliennes

Avant la mise en traction, l'échantillon en essai doit être préparé à ses extrémités de façon que les fibres optiques ne puissent pas bouger par rapport au CGFO. Un dynamomètre, un capteur de force, une poutre calibrée ou un autre appareillage doivent être utilisés pour mesurer la tension du CGFO. Il convient d'utiliser des moyens appropriés pour maintenir la tension constante et autoriser ainsi les fluctuations de température durant l'essai.

La portée complète entre ancrages doit être d'au moins 30 m. La longueur de la portée active doit être d'au moins 20 m, avec un ensemble de suspension approprié situé approximativement aux deux tiers de la distance entre les ancrages d'extrémité. On peut utiliser une portée active et/ou passive plus grande. La portée doit être supportée à une hauteur telle que l'angle statique entre le CGFO et l'horizontale soit égal à $(1,5 \pm 0,5)^\circ$ dans la portée active.

Au moyen d'un dispositif approprié, on réalise la mesure de l'amplitude d'un ventre choisi loin d'un point fixe.

Un pot vibrant contrôlé électroniquement doit être utilisé pour exciter le CGFO dans le plan vertical. Le châssis du pot vibrant doit être fermement fixé au CGFO, perpendiculairement au CGFO dans le plan vertical. Il convient de placer le pot vibrant dans la portée de façon à créer au moins six ventres de vibrations entre l'ensemble de suspension et le pot vibrant.

La longueur de fibres optiques en essai doit être d'au moins 100 m.

L'atténuation optique doit être mesurée au moyen d'une source lumineuse et d'un puissancemètre, chacun étant raccordé à l'une des extrémités de la fibre en essai.

Annex C (normative)

Aeolian vibration test method

C.1 Test set-up

A typical arrangement which can be used for the aeolian vibration test is shown in figure C.1.

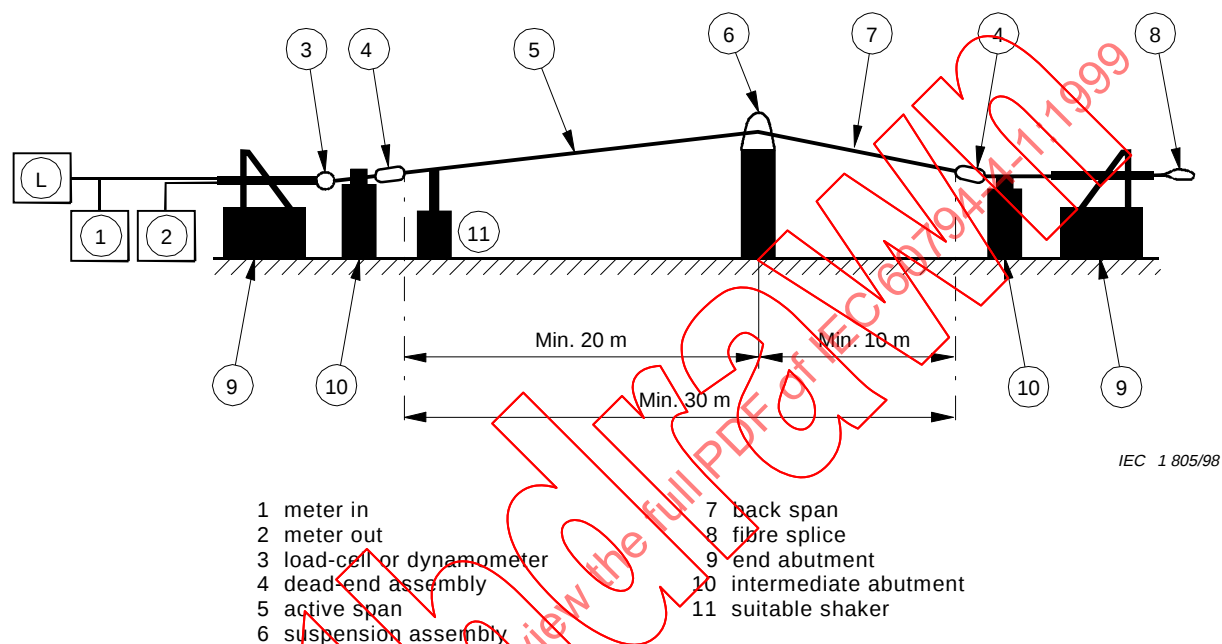


Figure C.1 – Aeolian vibration test arrangement

The test sample shall be terminated at both ends prior to tensioning in such a manner that the optical fibres cannot move relative to the OPGW. A dynamometer, load cell, calibrated beam or other device shall be used to measure OPGW tension. Some means should be provided to maintain constant tension to allow for temperature fluctuations during the testing.

The overall span between system terminations shall be a minimum of 30 m. The minimum active span shall be 20 m, with a suitable suspension assembly located approximately two-thirds of the distance between the two dead-end assemblies. Longer active and/or back spans may be used. The span shall be supported at such a height that the static sag angle of the OPGW to horizontal is $(1,5 \pm 0,5)^\circ$ in the active span.

Means shall be provided for monitoring the mid-loop (antinode) vibration amplitude at a free loop, not a support loop.

An electronically controlled shaker shall be used to excite the OPGW in the vertical plane. The shaker armature shall be securely fastened to the OPGW so that it is perpendicular to the OPGW in the vertical plane. The shaker should be located in the span to allow for a minimum of six vibration loops between the suspension assembly and the shaker.

The test length of the optical fibres shall be a minimum of 100 m.

Fibre optical attenuation shall be measured using a light source and power meter connected to either end of the test fibre.

C.2 Conditions d'essai

Les conditions d'essai doivent être conformes à C.2.1 ou à C.2.2 ci-dessous.

C.2.1

Nombre de cycles de vibrations:	10^7 au moins
Fréquence de vibrations:	(40 ± 10) Hz
Charge mécanique du CGFO:	(20 ± 5) % de la CRA
Déformation de surface du CGFO:	± 100 microdéformations

NOTE 1 – Les jauges de déformation sont placées au-dessus et au-dessous du CGFO, aussi près que possible de chaque extrémité.

NOTE 2 – La charge mécanique est ajustée par rapport à la fréquence de résonance correspondante la plus proche.

C.2.2

Nombre de cycles de vibrations:	10^7 au moins
Fréquence de vibrations:	$(830/d \pm 10)$ Hz
Charge mécanique du CGFO:	(20 ± 5) % de la CRA

L'amplitude d'un noeud doit être comme suit:

Pour les CGFO contenant:

- de l'acier homogène ou de l'acier revêtu d'aluminium: $d/3 \pm 10$ % (mm)
- de l'aluminium ou de l'alliage d'aluminium: $d/5 \pm 10$ % (mm)

où

d est le diamètre du CGFO (mm).

NOTE – La fréquence de vibrations est ajustée sur la fréquence de résonance correspondante la plus proche.

C.3 Modalités d'essai

Au début de la procédure, la portée d'essai nécessite des mesures et des enregistrements en continu des données mécaniques et optiques, qui doivent être faits toutes les 15 min environ jusqu'à ce que la portée soit stabilisée. Les relevés suivants doivent être effectués au moins deux fois par jour, typiquement au début et à la fin de la journée de travail.

Une mesure finale doit être effectuée au moins 2 h après la fin de l'essai de vibrations.

C.2 Test conditions

The test conditions shall be according to C.2.1 or C.2.2 below.

C.2.1

Number of vibration cycles:	10^7 minimum
Vibration frequency:	(40 ± 10) (Hz)
Tensile load for OPGW:	(20 ± 5) % of RTS
OPGW surface strain:	± 100 microstrain

NOTE 1 – The strain gauges are placed on top and beneath the OPGW, as close as possible to each end termination.

NOTE 2 – The tensile load is adjusted to the nearest corresponding resonant frequency.

C.2.2

Number of vibration cycles:	10^7 minimum
Vibration frequency:	$(830/d \pm 10)$ Hz
Tensile load for OPGW:	(20 ± 5) % of RTS

Peak-to-peak amplitude shall be as follows:

For OPGW containing:

- homogenous steel or aluminium clad steel: $d/3 \pm 10$ % (mm)
- aluminium or alloy: $d/5 \pm 10$ % (mm)

where

d is the diameter of the OPGW (mm)

NOTE – The vibration frequency is adjusted to the nearest corresponding resonant frequency.

C.3 Test procedure

In the initial stages the test span requires continuous measuring, and recordings of mechanical and optical data shall be taken approximately every 15 min until the span has stabilized. Subsequent readings shall be taken at a minimum of two times per day, typically at the start and end of the working day.

A final measurement shall be taken at least 2 h after the completion of the vibration test.

Annexe D (normative)

Méthode pour l'essai de galop

D.1 Dispositif d'essai

Un équipement typique pouvant être utilisé pour l'essai de galop est représenté à la figure D.1.

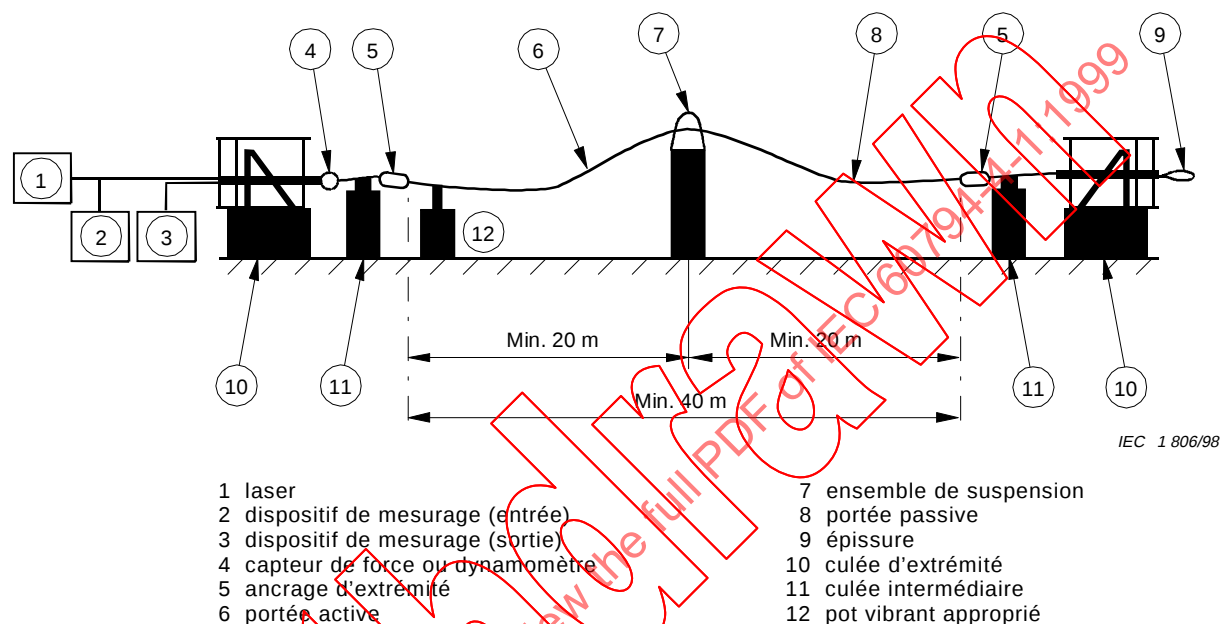


Figure D.1 – Dispositif d'essai de galop

La longueur de la portée complète entre ancrages doit être d'au moins 40 m.

Avant la mise en traction, l'échantillon en essai doit être préparé à ses extrémités de façon que les fibres optiques ne puissent pas bouger par rapport au CGFO. Un dynamomètre, un capteur de force, une poutre calibrée ou un autre appareillage doivent être utilisés pour mesurer la tension du CGFO. Il convient d'utiliser des moyens appropriés pour maintenir la tension constante et s'affranchir des fluctuations de température durant l'essai. Le CGFO doit être tendu à au moins 2 % de sa CRA.

Un ensemble de suspension approprié doit être placé approximativement à égale distance des deux extrémités. Il doit être supporté à une hauteur telle que l'angle statique de flèche ne dépasse pas 1°. L'ensemble de suspension doit être fixé à la structure de support de manière telle que le galop se transmette dans la portée passive. Cela peut être réalisé en utilisant un appareillage permettant la liberté des mouvements de l'ensemble de suspension.

Des moyens appropriés doivent être utilisés pour mesurer et contrôler l'amplitude du noeud de galop en simple boucle.

Un pot vibrant approprié doit être utilisé pour exciter le CGFO dans le plan vertical. Le châssis du pot vibrant doit être fermement fixé au CGFO, perpendiculairement au CGFO dans le plan vertical.

Annex D (normative)

Galloping test method

D.1 Test set up

A typical arrangement which can be used for the galloping test is shown in figure D.1.

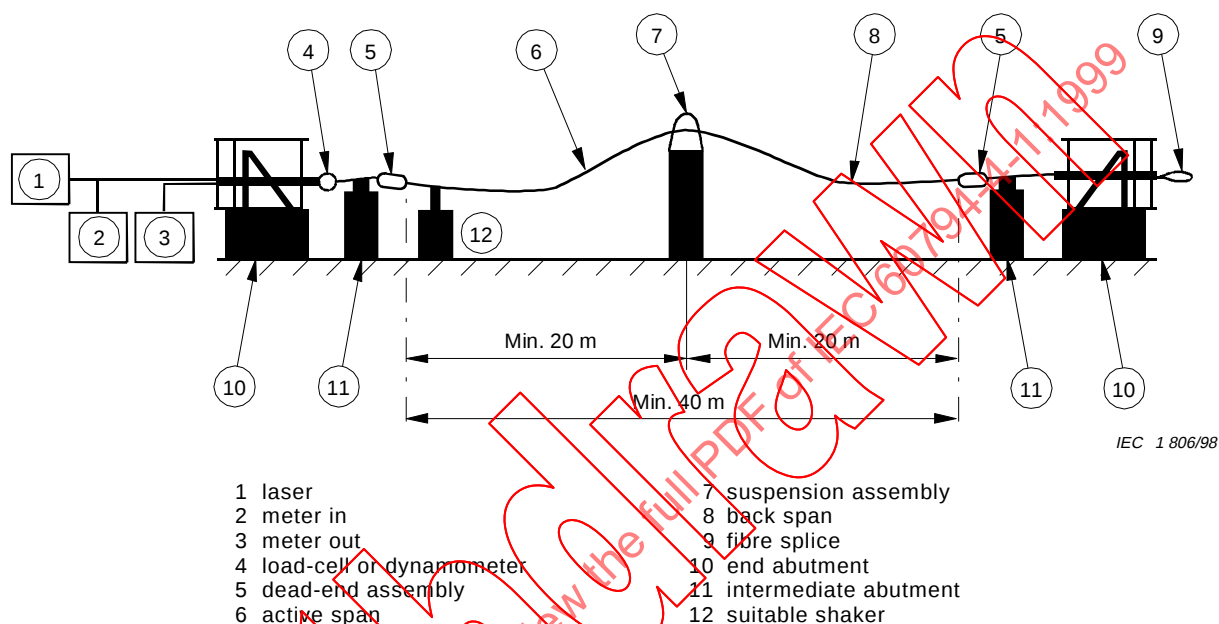


Figure D.1 – Galloping test arrangement

The overall span between system fittings shall be a minimum of 40 m.

The test sample shall be terminated at both ends prior to tensioning in such a manner that the optical fibres cannot move relative to the OPGW. A dynamometer, load cell, calibrated beam or other device shall be used to measure OPGW tension. Some means should be provided to maintain constant tension to allow for temperature fluctuations during the testing. The OPGW shall be tensioned to a minimum of 2 % of RTS.

A suitable suspension assembly shall be located approximately midway between the two end terminations. It shall be supported at such a height that the static sag angle does not exceed 1°. The suspension assembly shall be connected to the support structure in such a manner that feed-through galloping will be established in the back span. This can be accomplished by using hardware which provides freedom of movement for the suspension assembly.

Means shall be provided for measuring and monitoring the mid-loop (antinode), single loop galloping amplitude.

A suitable shaker shall be used to excite the OPGW in the vertical plane. The shaker armature shall be securely fastened to the OPGW so that it is perpendicular to the OPGW in the vertical plane.

La longueur des fibres optiques en essai doit être d'au moins 100 m.

L'affaiblissement optique de la fibre doit être mesurée au moyen d'une source lumineuse et d'un puissancemètre, chacun étant raccordé à l'une des extrémités de la fibre en essai.

D.2 Conditions d'essai

Le CGFO doit être soumis à au moins 10^5 cycles de galop. La fréquence d'essai doit être comprise entre 1 Hz et 4 Hz et peut être une fréquence de résonance soit en simple boucle soit en double boucle. Le rapport amplitude du ventre de vibration/distance entre noeuds doit être maintenu à une valeur d'environ 1/25, comme mesuré dans la partie active.

D.3 Modalités d'essai

On effectue une mesure et un enregistrement des données mécaniques et optiques à peu près tous les 500 cycles ou à peu près toutes les 15 min.

Le puissancemètre doit être relevé en continu au moins 1 h avant le début de l'essai et au moins 2 h après l'essai.

The test length of the optical fibres shall be a minimum of 100 m.

Fibre optical attenuation shall be measured using a light source and power meter connected to either end of the test fibre.

D.2 Test conditions

The OPGW shall be subjected to a minimum of 10^5 galloping cycles. The test frequency shall be between 1 Hz to 4 Hz, and may either be a single or double loop resonant frequency. The peak-to-peak antinode amplitude/loop length ratio shall be maintained at a value of approximately 1/25, as measured in the active span.

D.3 Test procedure

Mechanical and optical data shall be measured and recorded approximately every 500 cycles or approximately every 15 min.

The optical power meter shall be continuously read at least 1 h before the test and at least 2 h after the test.

Annexe E (normative)

Méthode pour l'essai de court-circuit

E.1 Dispositif d'essai

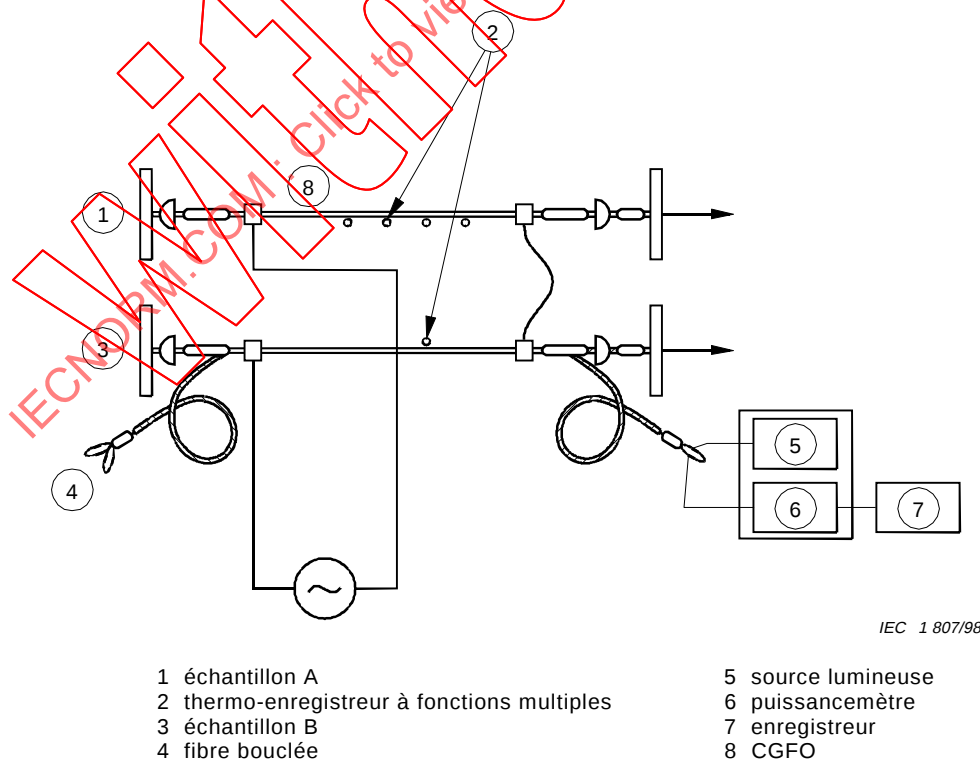
L'essai peut être effectué en utilisant un ou deux échantillons d'essai, comme indiqué ci-dessous.

E.1.1 Deux échantillons d'essai

Les deux échantillons d'essai doivent être équipés, à chaque extrémité, d'ancrages adéquats. Sur l'échantillon A, un ou plusieurs thermocouples doivent être placés dans des trous percés dans l'unité optique pour contrôler sa température. Sur l'échantillon B, un ou plusieurs thermocouples doivent être fixés aux brins du CGFO pour contrôler sa température. L'atténuation optique de la fibre doit être mesurée en utilisant une source lumineuse et un puissancemètre, chacun étant raccordé à une des extrémités de la fibre en essai. La figure E.1 donne un exemple typique d'équipement utilisant deux échantillons d'essai.

E.1.2 Un échantillon d'essai

L'échantillon d'essai doit être équipé, à chaque extrémité, d'ancrages adéquats. Un ou plusieurs thermocouples doivent être placés sur l'unité optique, à travers l'armure, pour contrôler la température de l'unité optique. Un ou plusieurs thermocouples doivent être fixés aux brins du CGFO pour contrôler sa température. L'atténuation optique de la fibre doit être mesurée en utilisant une source lumineuse et un puissancemètre, chacun étant raccordé à une des extrémités de la fibre en essai.



IEC 1 807/98

Figure E.1 – Dispositif d'essai de court-circuit

Annex E (normative)

Short-circuit test method

E.1 Test set-up

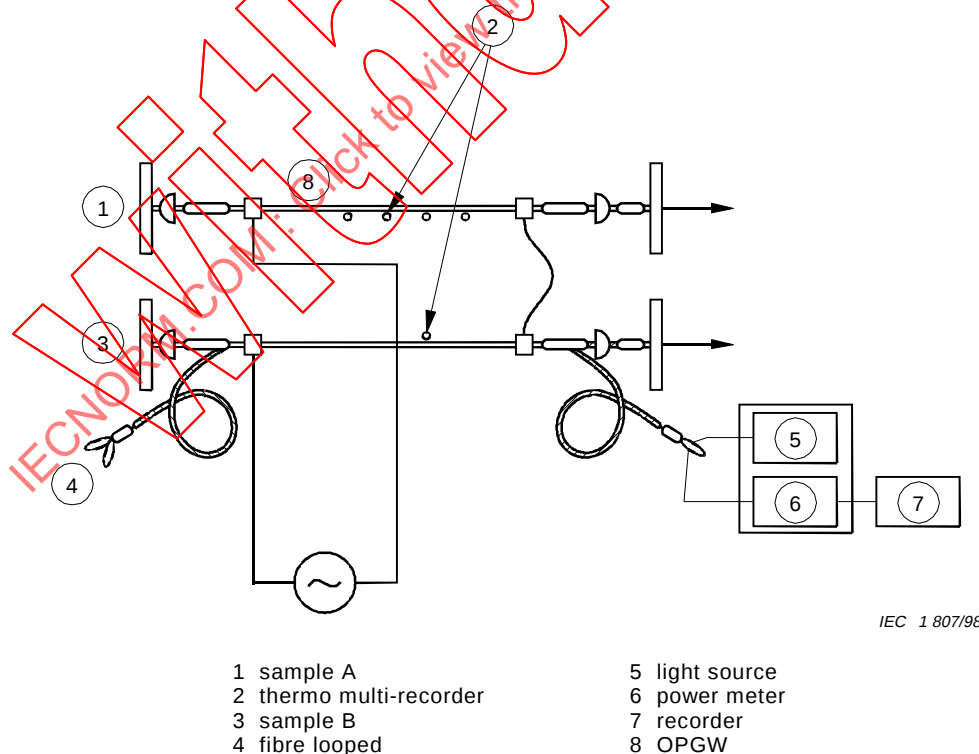
The test can be carried out using one or two test samples as follows.

E.1.1 Two test samples

The two test samples shall be terminated at each end with suitable fittings. In sample A, one or more thermocouples shall be inserted into holes drilled into the optical unit to monitor the optical unit temperature. In sample B, one or more thermocouples shall be attached to the wires of the OPGW to monitor the OPGW temperature. Fibre optical attenuation shall be measured using a light source and power meter connected to either end of the test fibre. A typical arrangement using two test samples is shown in figure E.1.

E.1.2 One test sample

The test sample shall be terminated at each end with suitable fittings. One or more thermocouples shall be inserted through the strands of the OPGW onto the surface of the optical unit to monitor the optical unit temperature. One or more thermocouples shall be attached to the wires of the OPGW to monitor the OPGW temperature. Fibre optical attenuation shall be measured using a light source and power meter connected to either end of the test fibre.



IEC 1807/98

Figure E.1 – Short-circuit test arrangement

E.2 Conditions d'essai

Les conditions générales d'essai sont les suivantes:

- | | |
|---|--|
| a) charge mécanique: | (15 ± 5) % de la CRA |
| b) longueur de l'échantillon: | 10 m au moins |
| c) longueur de fibre en essai: | 100 m au moins |
| d) température initiale de l'échantillon: | selon accord entre fabricant et acheteur |
| e) durée du court-circuit: | selon accord entre fabricant et acheteur |
| f) nombre de chocs: | 2 au moins |
| g) forme d'onde: | doit être symétrique après le 3 ^{ème} cycle |
| h) fréquence: | (55 ± 10) Hz |

E.3 Modalités d'essai

La température initiale du CGFO doit être réglée à (40 ± 5) °C avant l'application des chocs de courant. Entre chaque application, on doit laisser le CGFO se refroidir jusqu'à cette température.

L'atténuation optique des fibres en essai doit être mesurée en continu pendant au moins 2 min avant, et au moins 5 min après chaque choc de courant. Les températures du CGFO et de l'unité optique doivent être mesurées.