

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60793-1-3

Deuxième édition
Second edition
2000-02

Fibres optiques –

**Partie 1-3:
Spécification générique –
Méthodes de mesure des caractéristiques
mécaniques**

Optical fibres –

**Part 1-3:
Generic specification –
Measuring methods for mechanical
characteristics**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60793-1-3:2000

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

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

Consolidated publications

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60793-1-3

Deuxième édition
Second edition
2000-02

Fibres optiques –

**Partie 1-3:
Spécification générique –
Méthodes de mesure des caractéristiques
mécaniques**

Optical fibres –

**Part 1-3:
Generic specification –
Measuring methods for mechanical
characteristics**

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

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XA

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	10
Articles	
1 Domaine d'application et objet.....	14
2 Essais relatifs aux caractéristiques mécaniques	14
3 Définitions opérationnelles	16
3.1 Résistance mécanique d'une longueur de fibre de verre	16
4 Défauts physiques.....	18
5 Méthode CEI 60793-1-B1 – Essai de sélection d'une fibre optique	18
5.1 Objet.....	18
5.2 Appareillage.....	18
5.2.1 Dérouleur de fibre	18
5.2.2 Zone d'essai de sélection	20
5.2.3 Enrouleur de fibre.....	20
5.2.4 Zones de mise sous contrainte et hors contrainte	20
5.2.5 Rayons minimaux de courbure.....	20
5.2.6 Exemples d'équipements.....	20
5.3 Préparation de l'échantillon	24
5.4 Procédure	24
5.5 Compensation pour la contrainte absorbée par le revêtement – Calculs	26
5.6 Résultats	26
5.6.1 Défaillance de la fibre.....	26
5.6.2 Informations requises	26
5.6.3 Informations optionnelles.....	28
6 Méthode CEI 60793-1-B2 – Résistance à la traction des fibres optiques	28
6.1 Objet.....	28
6.2 Préparation des échantillons	28
6.3 Appareillage.....	28
6.4 Conditionnement (si nécessaire, voir spécification particulière).....	28
6.5 Procédure	28
6.6 Résultats	30
6.7 Présentation et analyse des résultats	30
7 Méthode CEI 60793-1-B6 – Dénudabilité	30
7.1 Objet.....	30
7.2 Appareillage.....	30
7.2.1 Matériel d'essai de traction	30
7.2.2 Cellule dynamométrique	32
7.2.3 Amplificateur du transducteur	32
7.2.4 Outil de dénudage	32
7.2.5 Guide fibre	32
7.3 Préparation des échantillons	34
7.3.1 Echantillons représentatifs	34
7.3.2 Longueur de l'échantillon.....	34

CONTENTS

	Page
FOREWORD	11
Clause	
1 Scope and object	15
2 Tests of mechanical characteristics	15
3 Operational definitions.....	17
3.1 Mechanical strength of a length of glass fibre	17
4 Physical defects	19
5 Method IEC 60793-1-B1 – Optical fibre proof test	19
5.1 Object.....	19
5.2 Apparatus	19
5.2.1 Fibre pay-out.....	19
5.2.2 Proof test region.....	21
5.2.3 Fibre take-up.....	21
5.2.4 Load and unload.....	21
5.2.5 Minimum bending radii	21
5.2.6 Equipment examples	21
5.3 Sample preparation	25
5.4 Procedure	25
5.5 Compensation for load sharing by coating – Calculations.....	27
5.6 Results	27
5.6.1 Fibre failure.....	27
5.6.2 Required information.....	27
5.6.3 Optional information.....	29
6 Method IEC 60793-1-B2 – Tensile strength of optical fibres	29
6.1 Object.....	29
6.2 Sample preparation.....	29
6.3 Apparatus.....	29
6.4 Conditioning (if required, see detail specification)	29
6.5 Procedure	29
6.6 Results	31
6.7 Presentation and analysis of the results.....	31
7 Method IEC 60793-1-B6 – Strippability	31
7.1 Object.....	31
7.2 Apparatus	31
7.2.1 Tensile equipment.....	31
7.2.2 Load cell	33
7.2.3 Transducer amplifier	33
7.2.4 Stripping tool.....	33
7.2.5 Fibre guide.....	33
7.3 Sample preparation.....	35
7.3.1 Representative samples	35
7.3.2 Sample length	35

Articles	Pages
7.4 Procédure	34
7.4.1 Introduction	34
7.4.2 Vitesse de dénudage	34
7.4.3 Préconditionnement	34
7.4.4 Etalonnage de l'amplificateur du transducteur	36
7.4.5 Mise en place de l'échantillon en essai	36
7.4.6 Enlèvement du revêtement	36
7.5 Résultats	36
8 Détermination du paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte – Introduction..	38
9 Méthode CEI 60793-1-B7A – Méthode de mesure du paramètre de fatigue dynamique des fibres optiques par tension axiale	40
9.1 Objet	40
9.2 Appareillage	40
9.2.1 Support de l'éprouvette	40
9.2.2 Mise en contrainte de la fibre	42
9.2.3 Mesure de la force à la rupture	42
9.2.4 Réglage de la vitesse de déformation	42
9.2.5 Calcul de la vitesse de mise sous contrainte	44
9.3 Echantillon en essai	44
9.3.1 Taille de l'échantillon	44
9.3.2 Taille de l'échantillon (facultative)	44
9.4 Procédure	44
9.5 Calculs	46
9.5.1 Contrainte à la rupture	46
9.5.2 Contrainte à la rupture pour une vitesse de déformation donnée	46
9.5.3 Paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte (tension) dynamique n_d	52
9.6 Résultats	52
10 Méthode CEI 60793-1-B7B – Méthode de mesure du paramètre de fatigue dynamique des fibres optiques par flexion en deux points	56
10.1 Objet	56
10.2 Appareillage	56
10.2.1 Commande du moteur pas à pas	56
10.2.2 Plateau mobile entraîné par moteur pas à pas	56
10.2.3 Plateau fixe	56
10.2.4 Vitesse du plateau	56
10.2.5 Système de détection de rupture de la fibre	56
10.3 Echantillon en essai	58
10.4 Procédure	58
10.5 Calculs	60
10.5.1 Contrainte à la rupture	60
10.5.2 Contrainte à la rupture pour une vitesse de plateau donnée	60
10.5.3 Paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte dynamique (flexion en deux points) n_d	60
10.6 Résultats	62

Clause	Page
7.4 Procedure	35
7.4.1 Introduction	35
7.4.2 Stripping rate	35
7.4.3 Preconditioning	35
7.4.4 Calibrating the transducer amplifier	37
7.4.5 Loading the test sample	37
7.4.6 Stripping the coating.....	37
7.5 Results	37
8 Determination of stress corrosion susceptibility parameters – Introduction	39
9 Method IEC 60793-1-B7A – Method for measuring dynamic fatigue parameters of optical fibres by axial tension.....	41
9.1 Object.....	41
9.2 Apparatus	41
9.2.1 Support of the specimen.....	41
9.2.2 Stressing the fibre	43
9.2.3 Measuring the force at fracture	43
9.2.4 Set strain rate	43
9.2.5 Characterize stress rate	45
9.3 Test sample	45
9.3.1 Sample size	45
9.3.2 Sample size (optional)	45
9.4 Procedure	45
9.5 Calculations	47
9.5.1 Fracture stress.....	47
9.5.2 Fracture stress at a given strain rate	47
9.5.3 Dynamic (tension) stress corrosion susceptibility parameter n_d	53
9.6 Results	53
10 Method IEC 60793-1-B7B – Method for measuring dynamic fatigue parameter of optical fibres by two-point bending.....	57
10.1 Object.....	57
10.2 Apparatus.....	57
10.2.1 Stepper motor control.....	57
10.2.2 Stepper-motor-driven moving platen	57
10.2.3 Stationary platen	57
10.2.4 Platen velocity	57
10.2.5 Fibre fracture detecting system.....	57
10.3 Test sample	59
10.4 Procedure	59
10.5 Calculations	61
10.5.1 Fracture stress.....	61
10.5.2 Fracture stress at a given platen velocity	61
10.5.3 Dynamic (two-point bending) stress corrosion susceptibility parameter n_d ..	61
10.6 Results	63

Articles	Pages
11 Méthode CEI 60793-1-B7C – Méthode de mesure du paramètre de fatigue statique des fibres optiques par tension axiale	66
11.1 Objet.....	66
11.2 Appareillage.....	66
11.2.1 Fixation de la fibre aux deux extrémités	66
11.2.2 Mise en tension de la fibre.....	66
11.2.3 Mesure du temps à la rupture	68
11.3 Echantillon en essai – Taille de l'échantillonnage pour chaque niveau de tension nominale	68
11.4 Procédure	68
11.5 Calculs.....	68
11.5.1 Contrainte à la rupture.....	68
11.5.2 Paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte statique (tension), n_s	68
11.6 Résultats	70
12 Méthode CEI 60793-1-B7D – Méthode de mesure du paramètre de fatigue statique des fibres optiques par flexion en deux points	72
12.1 Objet.....	72
12.2 Appareillage.....	72
12.3 Echantillon en essai	72
12.4 Procédure	72
12.5 Calculs.....	72
12.5.1 Contrainte à la rupture.....	72
12.5.2 Paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte statique (flexion en deux points), n_s	72
12.6 Résultats	74
13 Méthode CEI 60793-1-B7E – Méthode de mesure du paramètre de fatigue statique des fibres optiques par courbure uniforme	76
13.1 Objet.....	76
13.2 Appareillage.....	76
13.2.1 Support de l'échantillon	76
13.2.2 Mise en contrainte de la fibre.....	76
13.2.3 Mesure du temps à la rupture	76
13.3 Echantillon en essai	76
13.4 Procédure.....	78
13.5 Calculs.....	78
13.5.1 Contrainte à la rupture.....	78
13.5.2 Paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte statique (flexion uniforme) n_s	78
13.6 Résultats	78
14 Méthode CEI 60793-1-B8A – Mesure d'ondulation de fibre optique par microscopie latérale	80
14.1 Objet.....	80
14.2 Appareillage.....	80
14.2.1 Dispositif de fixation de la fibre	80
14.2.2 Support rotatif	80
14.2.3 Dispositif de mesure de la flèche	82
14.2.4 Caméra vidéo et moniteur	82
14.2.5 Procédure d'essai.....	82
14.2.6 Calculateur.....	82
14.3 Echantillon en essai	82

Clause	Page
11 Method IEC 60793-1-B7C – Method for measuring static fatigue parameters of optical fibres by axial tension.....	67
11.1 Object.....	67
11.2 Apparatus	67
11.2.1 Gripping the fibre at both ends.....	67
11.2.2 Stressing the fibre	67
11.2.3 Measuring time to fracture	69
11.3 Test sample – Sample size for each nominal stress level.....	69
11.4 Procedure	69
11.5 Calculations	69
11.5.1 Fracture stress.....	69
11.5.2 Static (tension) stress corrosion susceptibility parameter n_s	69
11.6 Results	71
12 Method IEC 60793-1-B7D – Method for measuring the static fatigue parameters of optical fibres by two-point bending.....	73
12.1 Object.....	73
12.2 Apparatus	73
12.3 Test sample	73
12.4 Procedure	73
12.5 Calculations	73
12.5.1 Fracture stress.....	73
12.5.2 Static (two-point bending) stress corrosion susceptibility parameter n_s	73
12.6 Results	75
13 Method IEC 60793-1-B7E – Method for measuring static fatigue parameters of optical fibres by uniform bending.....	77
13.1 Object.....	77
13.2 Apparatus	77
13.2.1 Support of the sample	77
13.2.2 Stressing the fibre	77
13.2.3 Measuring time to fracture.....	77
13.3 Test sample.....	77
13.4 Procedure.....	79
13.5 Calculations.....	79
13.5.1 Fracture stress.....	79
13.5.2 Static (uniform bending) stress corrosion susceptibility parameter n_s	79
13.6 Results	79
14 Method IEC 60793-1-B8A – Measurement of optical fibre curl by side-view microscopy...	81
14.1 Object.....	81
14.2 Apparatus	81
14.2.1 Fibre fixture.....	81
14.2.2 Rotating holder.....	81
14.2.3 Deflection measurement device.....	83
14.2.4 Video camera and monitor.....	83
14.2.5 Test procedure.....	83
14.2.6 Computer	83
14.3 Test sample	83

Articles	Pages
14.4 Procédure d'essai	82
14.4.1 Procédure pour la méthode A	82
14.4.2 Procédure pour la méthode B	82
14.5 Calculs.....	82
14.5.1 Calculs pour la méthode A.....	82
14.5.2 Calculs pour la méthode B.....	84
14.5.3 Calculs communs aux deux méthodes	84
14.6 Résultats	84
15 Méthode CEI 60793-1-B8B – Mesure d'ondulation de fibre optique par diffusion de rayons laser	88
15.1 Objet.....	88
15.2 Appareillage.....	88
15.2.1 Source lumineuse.....	88
15.2.2 Détecteur	88
15.3 Echantillon en essai	88
15.4 Procédure	90
15.4.1 Etalonnage.....	90
15.4.2 Mesure.....	90
15.5 Résultats	90
Annexe A (normative) Calculs statistiques relatifs aux essais de contrainte à la rupture	92
Annexe B (informative) Indication d'utilisation des méthodes d'essais concernant le paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte	100
Annexe C (informative) Dérivation du modèle circulaire d'ondulation de fibre	112
Annexe D (informative) Mesure d'ondulation de fibre optique par diffusion de rayons laser	114

Clause	Page
14.4 Test procedure.....	83
14.4.1 Procedure for method A	83
14.4.2 Procedure for method B	83
14.5 Calculations	83
14.5.1 Calculations for method A.....	83
14.5.2 Calculations for method B.....	85
14.5.3 Calculations common to both methods.....	85
14.6 Results	85
15 Method IEC 60793-1-B8B – Measurement of optical fibre curl by laser beam scattering ..	89
15.1 Object.....	89
15.2 Apparatus	89
15.2.1 Light source	89
15.2.2 Detector	89
15.3 Test sample	89
15.4 Procedure	91
15.4.1 Calibration.....	91
15.4.2 Measurement	91
15.5 Results	91
Annex A (normative) Statistical calculation concerning the fracture stress testing.....	93
Annex B (informative) Guidance for the use of stress corrosion susceptibility parameter test methods.....	101
Annex C (informative) Derivation of the circular fibre curl model.....	113
Annex D (informative) Measurement of optical fibre curl by laser beam scattering	115

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-3: Spécification générique – Méthodes de mesure des caractéristiques mécaniques

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 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 60793-1-3 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'étude 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1995, l'amendement 1 (1996) et l'amendement 2 (1998). Cette deuxième édition constitue une révision technique.

Le texte de la présente norme est issu de la première édition, de l'amendement 1, de l'amendement 2 et des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86A/519/FDIS	86A/549/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.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRES –

**Part 1-3: Generic specification –
Measuring methods for mechanical characteristics**

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 60793-1-3 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 1995, amendment 1 (1996) and amendment 2 (1998). This second edition constitutes a technical revision.

The text of this standard is based on the first edition, amendments 1 and 2 and the following documents:

FDIS	Report on voting
86A/519/FDIS	86A/549/RVD

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

Annex A forms an integral part of this standard.

Annexes B, C and D are for information only.

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2001. A cette date, la publication sera

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

Cette norme doit être utilisée conjointement avec les normes suivantes:

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 60793-1-4:1995, *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*

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60793-1-3:2000

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2001. At this date, the publication will be

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

This standard shall be used in conjunction with the following standards:

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 60793-1-4:1995, *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*

Withd
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60793-1-3:2000

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-3: Spécification générique – Méthodes de mesure des caractéristiques mécaniques

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60793 s'applique aux essais de résistance mécanique, de facilité de manipulation ou de mise en évidence de défauts physiques des fibres optiques en verre avec revêtement ou gainage primaire. Ces méthodes sont à utiliser pour le contrôle des fibres lors des relations commerciales.

L'objet de la présente partie de la CEI 60793 est d'établir des prescriptions uniformes relatives aux caractéristiques mécaniques des fibres optiques.

2 Essais relatifs aux caractéristiques mécaniques

Les caractéristiques mécaniques des fibres optiques doivent être vérifiées en soumettant les échantillons à des essais choisis dans le tableau 1. Les essais appliqués, les critères d'acceptation et le nombre d'échantillons doivent être ceux qui sont indiqués dans la spécification particulière.

Tableau 1 – Caractéristiques mécaniques des fibres optiques

Méthode d'essai	Essai	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
CEI 60793-1-B1	Essai de sélection d'une fibre optique	Résistance mécanique
CEI 60793-1-B2	Résistance à la traction des fibres optiques	
CEI 60793-1-C1C	Méthode de rétrodiffusion	Défauts physiques
CEI 60793-1-B6	Dénudabilité	Dénudabilité
CEI 60793-1-B7A	Fatigue dynamique par tension axiale	Paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte
CEI 60793-1-B7B	Fatigue dynamique par flexion en deux points	
CEI 60793-1-B7C	Fatigue statique par tension axiale	
CEI 60793-1-B7D	Fatigue statique par flexion en deux points	
CEI 60793-1-B7E	Fatigue statique par courbure uniforme	
CEI 60793-1-B8A	Microscopie latérale	Ondulation d'une fibre
CEI 60793-1-B8B	Diffusion de rayons laser	

OPTICAL FIBRES –

Part 1-3: Generic specification – Measuring methods for mechanical characteristics

1 Scope and object

This part of IEC 60793 applies to the tests of mechanical strength, ease of handling or the recognition of physical defects of primary coated or primary buffered optical glass fibres. The methods are to be used for inspection of fibres for commercial purposes.

The object of this part of IEC 60793 is to establish uniform requirements for mechanical characteristics of optical fibres.

2 Tests of mechanical characteristics

The mechanical characteristics of optical fibres shall be verified by subjecting samples to tests selected from table 1. The tests applied, acceptance criteria and number of samples shall be as specified in the detail specification.

Table 1 – Mechanical characteristics of optical fibres

Test method	Test	Characteristics covered by test method
IEC 60793-1-B1	Optical fibre proof test	Mechanical strength
IEC 60793-1-B2	Tensile strength of optical fibres	
IEC 60793-1-C1C	Backscattering technique	Physical defects
IEC 60793-1-B6	Strippability	Strippability
IEC 60793-1-B7A	Dynamic fatigue by axial tension	Stress corrosion susceptibility parameters
IEC 60793-1-B7B	Dynamic fatigue by two-point bending	
IEC 60793-1-B7C	Static fatigue by axial tension	
IEC 60793-1-B7D	Static fatigue by two-point bending	
IEC 60793-1-B7E	Static fatigue by uniform bending	
IEC 60793-1-B8A	Side-view microscopy	Fibre curl
IEC 60793-1-B8B	Laser beam scattering	

3 Définitions opérationnelles

3.1 Résistance mécanique d'une longueur de fibre de verre

La résistance mécanique d'une longueur de fibre de verre dépend de la profondeur de la fissure la plus profonde présente sur cette longueur.

Si l'on soumet une longueur de fibre à une contrainte α à température et humidité ambiantes, la profondeur de la fissure croît selon une loi proposée par Charles:

$$\frac{da}{dt} = AK_I^n$$

avec $K_I = Y\alpha a^{1/2}$ suivant Griffith

où

K_I est le facteur d'intensité de la contrainte;

Y est le facteur de forme (constant);

α est la contrainte;

n est la susceptibilité à la corrosion (constante);

a est la profondeur de la fissure;

A est la constante de proportionnalité, à déterminer par expérience.

Après une croissance de la fissure pendant un temps Δt , la valeur de K_I atteint la valeur limite K_{Ic} (facteur d'intensité critique de la contrainte) pour laquelle la fibre casse (voir figure 1).

Par exemple:

Si une fibre est soumise à une contrainte α_1 pendant un temps $\Delta t = t_2 - t_1$, la profondeur de la fissure passe de a_1 à a_2 .

Toutefois, pour des relations commerciales, il convient d'admettre qu'après avoir passé un essai de sélection sous contrainte α_1 , la profondeur de la fissure a presque atteint la valeur a_c , (c'est-à-dire la valeur pour laquelle la fracture de la fibre apparaît); la contrainte α_2 appliquée par la suite (pour $t > t_2$) doit rester en dessous de α_1 si l'on veut éviter la fracture de la fibre.

3 Operational definitions

3.1 Mechanical strength of a length of glass fibre

The mechanical strength of a length of glass fibre depends on the depth of the deepest flaw present in this length.

In submitting a length of fibre at ambient temperature and humidity conditions to a stress α , the flaw depth increases in accordance with a relation suggested by Charles:

$$\frac{da}{dt} = AK_1^n$$

in which K_1 according to Griffith is given by $K_1 = Y\alpha a^{1/2}$

where

K_1 is the stress intensity factor;

Y is the shape factor (constant);

α is the stress;

n is the stress corrosion susceptibility (constant);

a is the flaw depth;

A is the proportionality constant, to be determined by experiment.

In cases where the flaws have grown during a time Δt to a value where K_1 becomes K_{1c} (critical stress intensity factor), the fibre will break (see figure 1).

As an illustration:

When a fibre is submitted to stress α_1 during a time $\Delta t = t_2 - t_1$, the flaw grows from a_{t_1} to a_{t_2} .

However, for commercial purposes it should be assumed that after a fibre has been submitted to a screen test with stress α_1 , the flaw has almost reached the value a_c (i.e. the value at which fibre breakage would occur); subsequent stress α_2 (at $t > t_2$) shall remain below α_1 if fibre breakage is to be avoided.

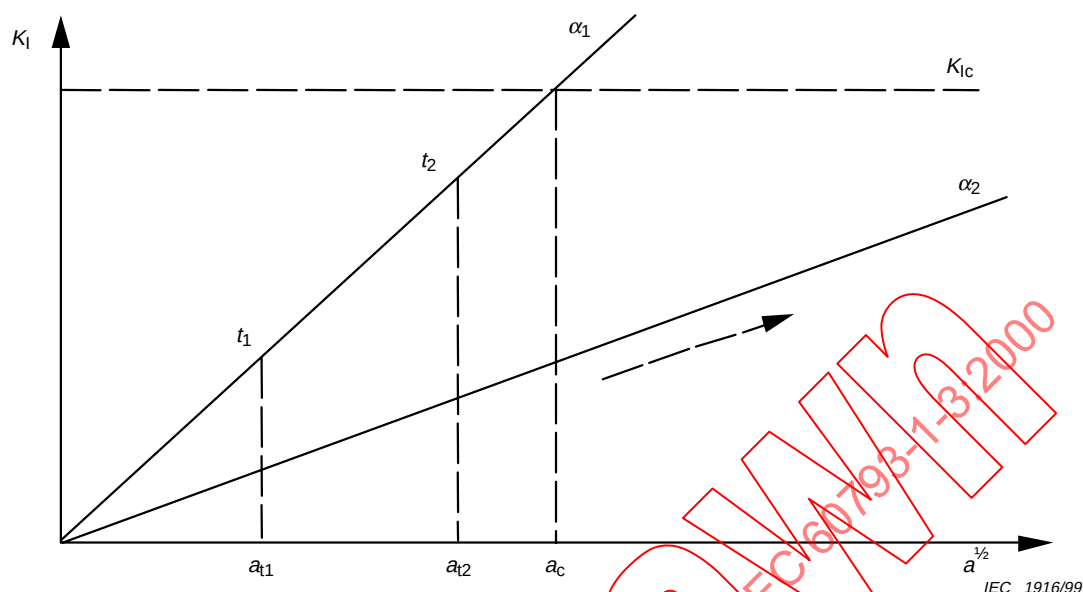


Figure 1 – Graphique montrant la croissance de la fissure d'une fibre optique en verre soumise à une contrainte

4 Défauts physiques

Il est admis que des défauts physiques puissent se trouver dans la fibre et affecter les propriétés optiques et mécaniques, par exemple des inclusions ou des bulles. Certains types de défauts peuvent être détectés par réflectométrie ou d'autres méthodes de mesure.

5 Méthode CEI 60793-1-B1 – Essai de sélection d'une fibre optique

5.1 Objet

Cette méthode d'essai décrit les procédures permettant d'appliquer brièvement, à titre d'essai de sélection, une force de traction déterminée à la totalité de la longueur d'une fibre optique. La force de traction doit être appliquée sur une durée aussi courte que possible, mais suffisamment longue toutefois pour garantir que le verre supporte la contrainte.

Cette méthode est applicable aux fibres optiques de type A1, A2, A3 et B.

5.2 Appareillage

Plusieurs configurations de machine sont envisageables, qui toutes effectuent les opérations de base décrites ci-après en respectant les prescriptions générales de fonctionnement spécifiées. Il est nécessaire de choisir avec soin la configuration à utiliser pour éviter d'endommager le revêtement.

5.2.1 Dérouleur de fibre

Les variations de la force de traction doivent être isolées de la zone où se réalise l'essai de façon à ne pas provoquer de variations dans la contrainte de sélection. Elles ne doivent pas permettre à la contrainte de sélection appliquée de passer sous la valeur spécifiée dans la spécification particulière.

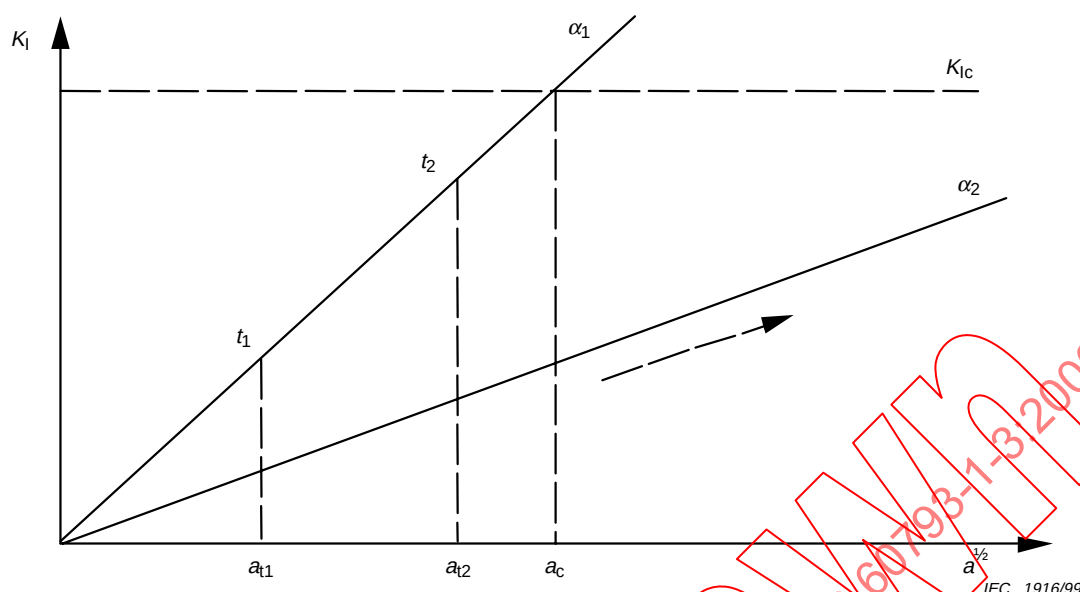


Figure 1 – Graph of flaw growth of optical glass fibre under stress

4 Physical defects

It is recognized that physical defects may exist within the fibre and influence both optical and mechanical performance, for example inclusions and bubbles. Certain types of defects may be detected by means of reflection techniques or other measurement methods.

5 Method IEC 60793-1-B1 – Optical fibre proof test

5.1 Object

This test method describes procedures for briefly applying a specified tensile load as a proof test to continuous lengths of optical fibre. The tensile load shall be applied for a time as short as possible, yet sufficiently long to ensure the glass experiences the proof stress.

This method is applicable to types A1, A2, A3 and B optical fibres.

5.2 Apparatus

There are several possible machine designs, all of which perform the following basic functions with the indicated general operating requirements. Care shall be taken in the design so as to prevent coating damage.

5.2.1 Fibre pay-out

Tensile load variations shall be isolated from the proof test region so as not to cause variations in the proof load. They shall not permit the applied proof stress to fluctuate below the value specified in the detail specification.

5.2.2 Zone d'essai de sélection

A l'exception d'un effort de courbure supplémentaire pouvant atteindre 10 % de la contrainte de sélection, la contrainte de sélection doit être appliquée uniformément sur toute la superficie de la section de l'échantillon en essai. Les porteurs de la contrainte dans cette zone doivent être rigides (en acier ou en aluminium, par exemple). Le ou les mécanismes générant la tension doivent opérer de sorte que la contrainte de sélection ne passe pas, en cours d'essai, sous la valeur spécifiée dans la spécification particulière.

5.2.3 Enrouleur de fibre

Les variations de la contrainte de traction doivent être isolées de la zone où se réalise l'essai de façon à ne pas provoquer de variations de la contrainte de sélection. Elles ne doivent pas permettre à la contrainte de sélection appliquée de passer sous la valeur spécifiée dans la spécification particulière.

5.2.4 Zones de mise sous contrainte et hors contrainte

Ces zones se trouvent de chaque côté de la zone d'essai de sélection. La tension de la fibre croît de presque zéro, dans la zone du dérouleur, à la contrainte maximale dans la zone d'essai de sélection. Puis la tension dans la fibre décroît de la zone d'essai de sélection à presque zéro dans la zone du dérouleur. La zone de mise hors tension est l'arc formé entre les deux points extrêmes au contact du guide là où la fibre quitte la zone d'essai de sélection. (Par exemple, une mise hors tension sur 90° d'une poulie de 150 mm de diamètre à une vitesse d'environ 12 m/s conduit à un temps de mise hors tension d'environ 10 ms.) Le temps de mise hors tension doit être ajusté à un maximum, convenu entre fabricant et utilisateur. La montée et la descente doivent s'effectuer le plus rapidement possible.

5.2.5 Rayons minimaux de courbure

Tous les rayons sur lesquels passe l'échantillon en essai doivent être de taille suffisante pour que la contrainte maximale et son temps d'application ne dégradent pas de façon significative la tenue mécanique de l'échantillon.

5.2.6 Exemples d'équipements

Les exemples suivants présentent des configurations typiques. D'autres configurations peuvent être utilisées si elles respectent les prescriptions de fonctionnement spécifiées en 5.2. Il est possible d'utiliser l'une ou l'autre machine pendant le fibrage (en ligne – uniquement pour les fibres revêtues), ou en tant qu'étape distincte du processus (en différé).

5.2.6.1 Type cabestan à frein

La figure 2 présente un appareillage type répondant à ces prescriptions. La fibre est déroulée sous tension constante faible. L'enroulement après l'essai de sélection est également fait sous tension constante. Les niveaux de tension de déroulage et d'enroulement sont réglables. La contrainte de sélection est appliquée à la fibre entre le cabestan de freinage et le cabestan d'entraînement, créant une différence de vitesse entre les deux cabestans. Deux courroies sont utilisées pour éviter un glissement au niveau des cabestans. Une jauge de contrainte de haute précision mesure la contrainte sur la fibre et ajuste la différence de vitesse pour obtenir le niveau de contrainte de sélection requis. La contrainte de sélection et la vitesse de fonctionnement peuvent être ajustées séparément.

5.2.2 Proof test region

With the exception of additional bend stress of up to 10 % of the proof stress, the proof stress shall be applied uniformly through the cross-sectional area of the test sample. The load-bearing members in this region shall be rigid (e.g. made of steel or aluminium). The tension-producing mechanism(s) shall be such that, during testing, the proof stress does not fluctuate below the value specified in the detail specification.

5.2.3 Fibre take-up

Tensile load variations shall be isolated from the proof test region so as not to cause variations in the proof load. They shall not permit the applied proof stress to fluctuate below the value specified in the detail specification.

5.2.4 Load and unload

The regions occur on both sides of the proof test region. Tension in the fibre ramps up from near-zero, in the pay-out region, to the full load in the proof test region. Tension in the fibre then ramps down, from the proof test region, to near-zero in the take-up region. The unload zone is the arc formed by the two tangent points in the guide where the fibre finally leaves the loading area. (For example, unloading across 90° of a 150 mm diameter wheel at a speed of about 12 m/s yields an unloading time of about 10 ms.) The unload time shall be controlled to some maximum, agreed between user and manufacturer. Ramping up and ramping down shall be accomplished as quickly as possible.

5.2.5 Minimum bending radii

All radii over which the test sample passes shall be of sufficient size that the maximum stress and time at that stress shall not significantly degrade the strength of the sample.

5.2.6 Equipment examples

The following examples illustrate some typical designs. Other designs may be used, provided the operating requirements in 5.2 are met. Either machine may be used during the fibre-drawing process (on-line – for coated fibre only), or as a separate process step (off-line).

5.2.6.1 Braked capstan type

A specific apparatus illustrating these requirements is shown in figure 2. The fibre is paid out with constant low tension. The rewinding after the proof test is also done with constant tension. The levels of the pay-off and take-up tensions are adjustable. The proof test load is applied to the fibre between the brake and drive capstans by creating a speed difference between the capstans. Two belts are used to prevent slippage at the capstans. The high precision tension gauge measures the load on the fibre and controls the speed difference to achieve the required proof test load. The load level and operating speed of the equipment can be independently set.

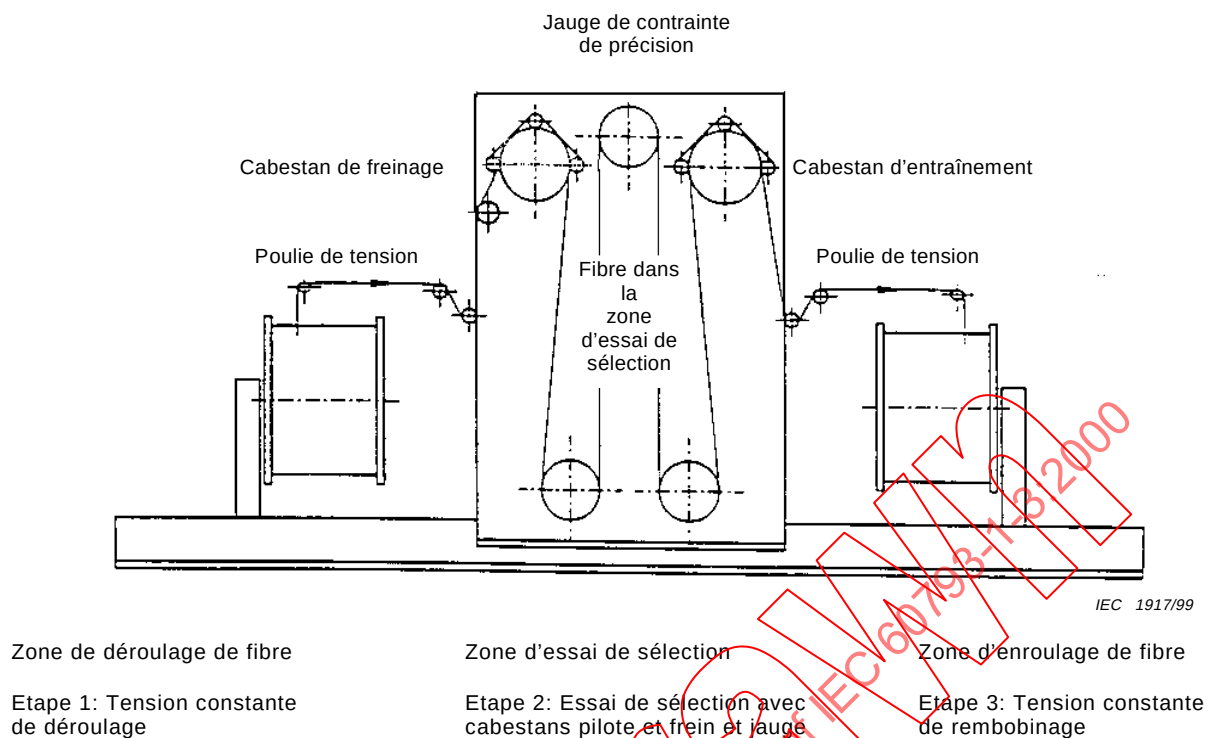


Figure 2 – Type cabestan à frein

5.2.6.2 Type contrepoids

La figure 3 présente un autre appareillage type répondant à ces prescriptions.

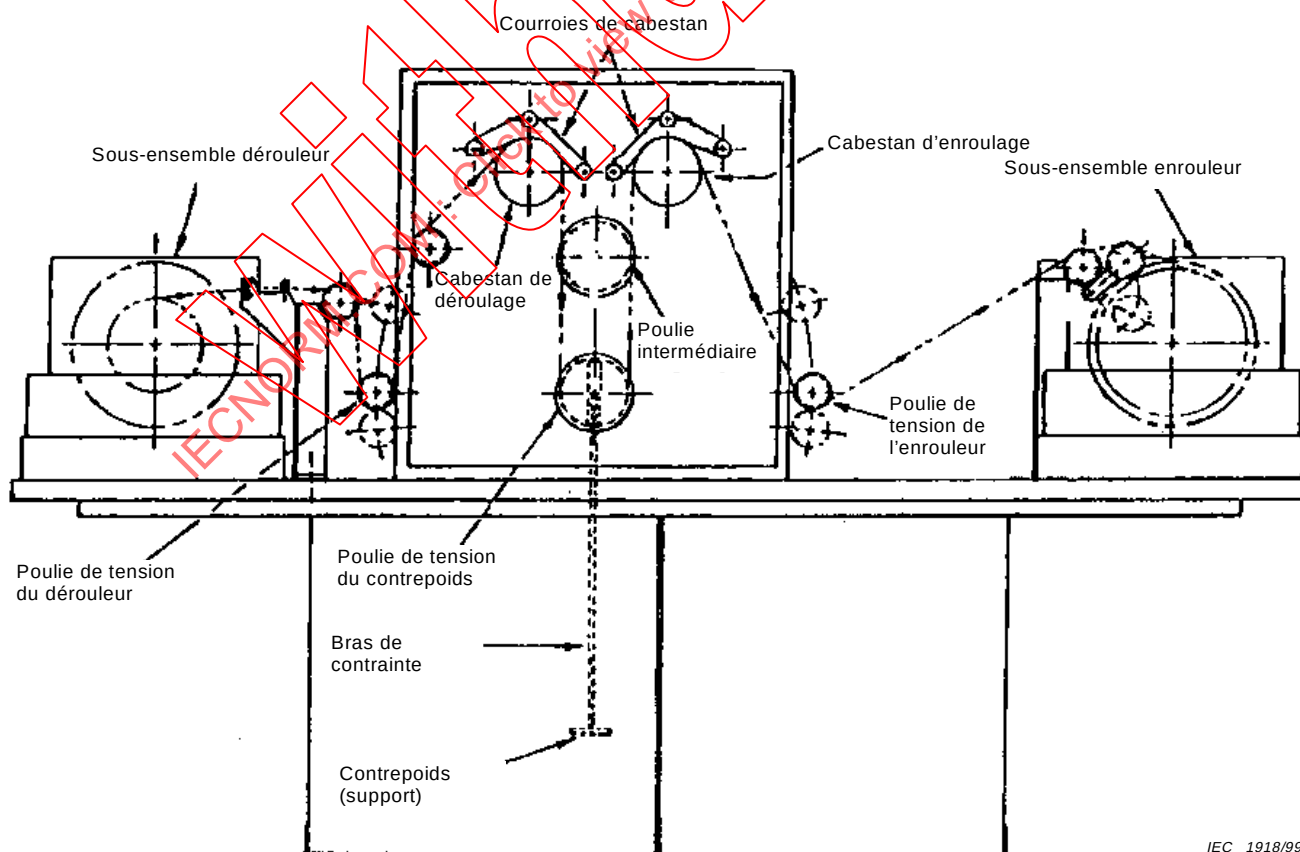


Figure 3 – Type contrepoids

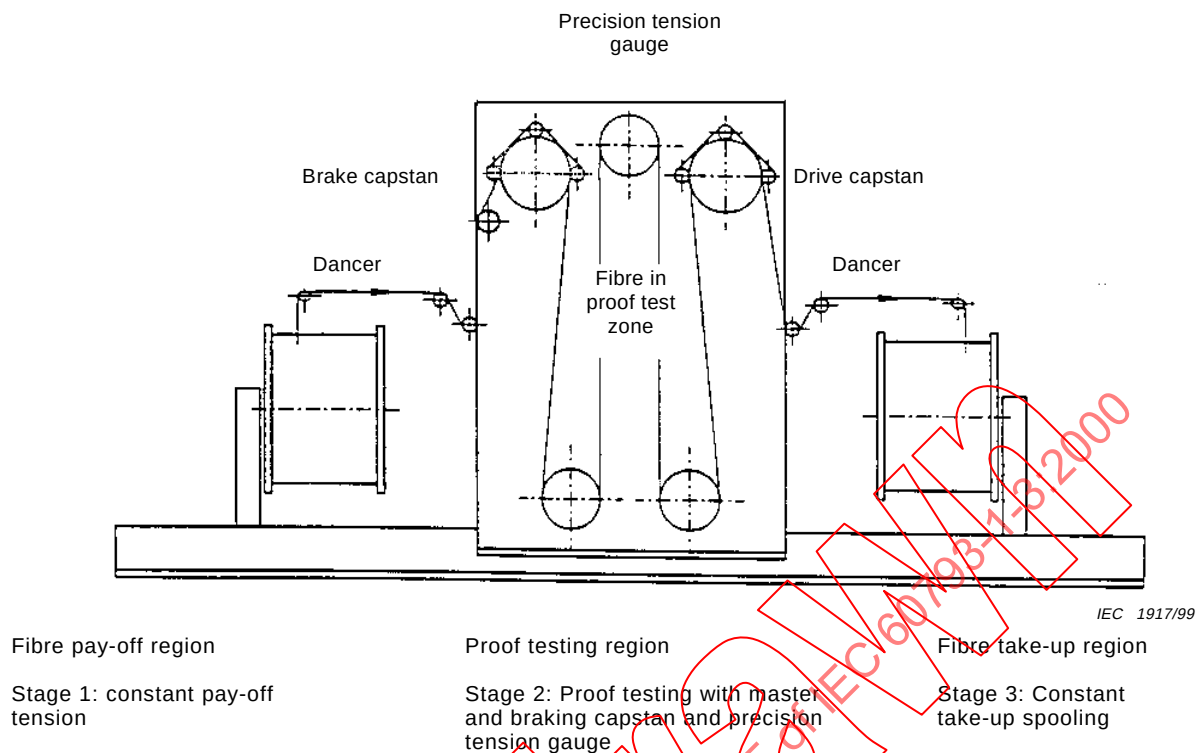


Figure 2 – Braked capstan type

5.2.6.2 Dead weight type

Another specific apparatus illustrating these requirements is shown in figure 3.

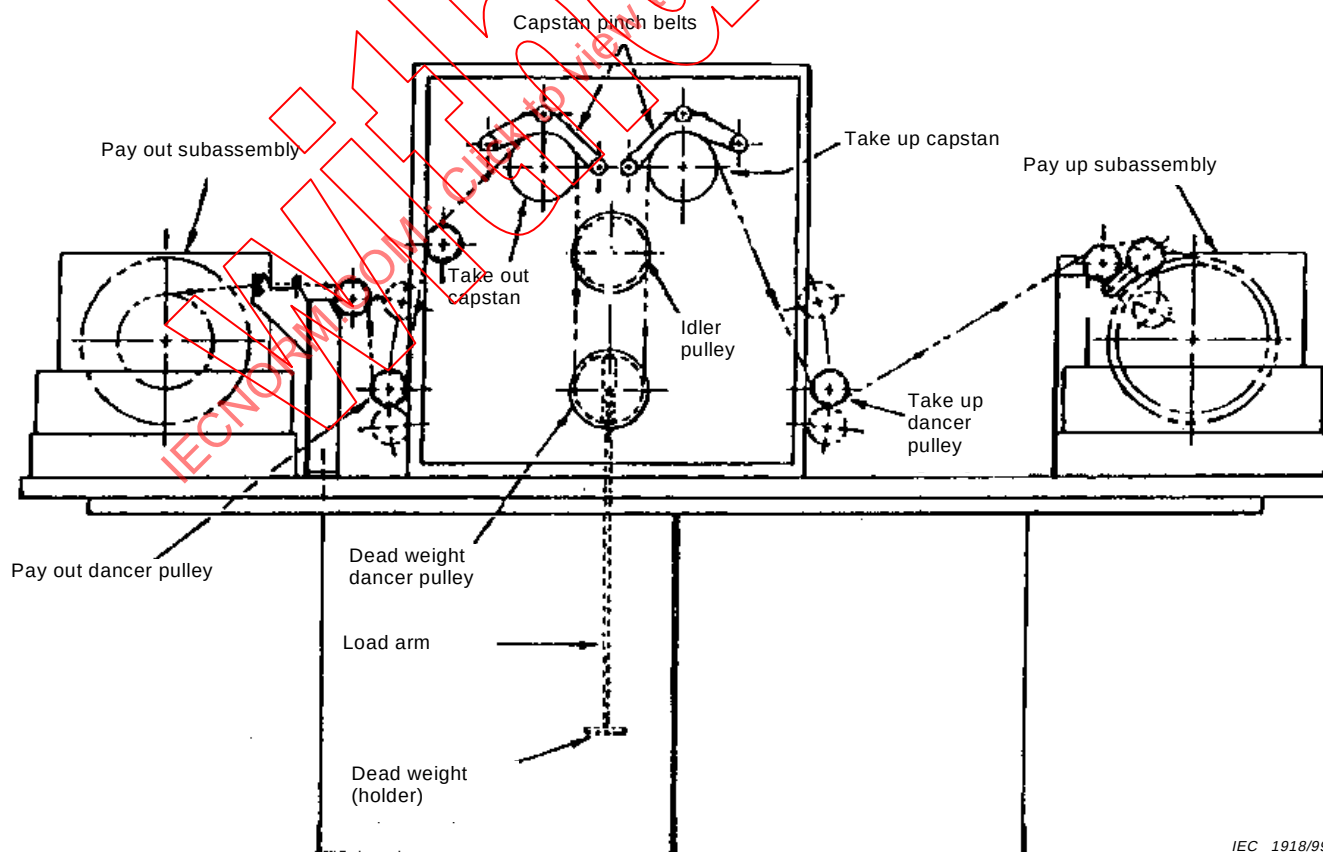


Figure 3 – Dead weight type

La partie dérouleur déroule la fibre à partir d'une bobine sous tension constante, proche de zéro. Le dérouleur est équipé de plusieurs galets et poulies de guidage, et d'un mécanisme d'entraînement motorisé. La poulie de tension du dérouleur maintient l'échantillon à une tension juste suffisante pour qu'il traverse la zone d'essai de sélection de façon rectiligne, avec un minimum de variations de tension. Le cabestan de déroulage marque le début de la zone d'essai de sélection. Ce cabestan est entraîné et synchronisé avec le cabestan d'enroulage.

Deux courroies sont nécessaires pour maintenir fermement la fibre sur les cabestans de déroulage et d'enroulage afin d'éviter tout glissement à l'entrée et à la sortie de la zone d'essai de sélection.

La poulie de tension peut se composer de deux poulies placées l'une derrière l'autre sur le même axe (la deuxième est toutefois optionnelle.) La fibre s'enroule d'abord sur la poulie arrière, puis sur la poulie intermédiaire, puis vers le bas sur la poulie d'entraînement avant et vers le haut sur le cabestan d'enroulage.

Le bras de contrainte est fixé à la fois à l'axe de la poulie de tension du contrepoids et au contrepoids lui-même. Le bras de contrainte est réglable sur zéro. Il pivote et active un capteur qui indique au cabestan d'entraînement d'augmenter ou de diminuer la vitesse, selon la position du bras de traction. Etant donné que les deux entraînements sont contrôlés sur une référence commune, le mouvement du bras de contrainte est négligeable puisque le bras recherche une position neutre quelle que soit la vitesse de fonctionnement de la machine.

A la base du bras de contrainte se trouve un petit plateau. Des poids sont ajoutés sur le plateau pour obtenir la contrainte de sélection requise.

La poulie intermédiaire, optionnelle, fournit une longueur d'application accrue pour la fibre testée. Avec une seule poulie de tension, la poulie intermédiaire n'est pas nécessaire.

Le cabestan d'enroulage marque la fin de la zone d'essai de sélection. Ce cabestan est entraîné et synchronisé avec le cabestan de déroulage de façon à minimiser les fluctuations de contrainte.

La poulie de tension d'enroulage produit la tension voulue d'enroulement de la fibre sur la bobine réceptrice. (La tension d'enroulement est faible comparée à celle de l'essai de sélection et ne doit pas être intégrée aux prescriptions de la spécification particulière.)

La partie enrouleur enroule la fibre sur une bobine pour l'expédition finale ou un traitement ultérieur. Cette partie est équipée de plusieurs galets et poulies de guidage pour garantir un bobinage de la fibre régulier, au niveau de tension désiré, de sorte que la fibre reste sur la bobine sans s'emmêler.

5.3 Préparation de l'échantillon

L'échantillon en essai doit être constitué de la longueur totale d'une fibre optique, moins de courtes sections, typiquement de 25 m à 50 m aux extrémités (allocation de longueur aux extrémités). Cette allocation de longueur est nécessaire pour la période d'accélération pendant laquelle le temps de mise hors contrainte excède le maximum fixé.

5.4 Procédure

L'échantillon en essai est introduit dans la machine conformément à ses instructions de fonctionnement.

La contrainte de sélection sur la machine est ajustée selon les prescriptions de la spécification particulière.

Toute défaillance de la fibre, si ou quand elle se produit, doit être aisément détectable par l'opérateur.

L'échantillon en essai est introduit au travers de la machine d'essai de sélection.

This subassembly pays out fibre from a reel under constant, near-zero, tension. The pay-out subassembly has various guide rollers and pulleys, plus a motorized traversing mechanism. The pay-out dancer pulley keeps the sample under just enough tension to run straight and true to the proof test region, with minimum tension fluctuations. The pay-out capstan is the start of the proof test region. This capstan is driven and synchronized with the take-up capstan.

Two belts are required to hold the fibre sample firmly against the pay-out and take-up capstans so that there is no slippage at the entrance to, and exit from, the proof test region.

The dancer pulley may consist of two pulleys, one behind the other on a common shaft (the second pulley is optional, however). The fibre is fed first to the rear pulley, then back up to the idler pulley, back down to the front dancer pulley and up to the take-up capstan.

The load arm is attached to both the shaft of the dead weight dancer pulley and to the dead weight itself. The load arm is adjustable to zero balance. It is pivoted and actuates a sensor which signals the drive capstan either to increase or decrease speed, depending on the position of the load arm. Since both drives are controlled from a common reference, load arm movement is negligible because the arm seeks a neutral position when the machine is at any operating speed.

There is a thin plate at the bottom of the load arm. Weights are added to the plate to produce the required proof load.

The idler pulley, which is optional, provides increased gauge length of the fibre under test. No idler pulley is required if there is only one dancer pulley.

The take-up capstan is at the end of the proof test region. This is driven and synchronized with the pay-out capstan so that tension fluctuations are minimized.

The take-up dancer pulley produces the desired winding tension of the fibre on the take-up reel. (The winding tension is low in comparison to the proof test and shall not be part of the detail specification requirement.)

The take-up subassembly takes up the fibre on a reel for final shipping or for further processing. It has various guide rollers and pulleys to ensure even laydown of the fibre, at the desired tension level, so that the fibre will remain on the reel without cascading.

5.3 Sample preparation

The test specimen shall consist of the entire length of optical fibre, minus short sections, typically 25 m to 50 m at the ends (end-allowance length). This allowance is required for a period of acceleration during which the unloading time exceeds the maximum.

5.4 Procedure

The test specimen is fed into the machine according to the operating instructions for the machine.

The tension load on the machine is set according to the requirements in the detail specification.

Any failure in the fibre, if or when it occurs, shall be readily detectable by the operator.

The test specimen is run through the proof test machine.

Toutes les parties de la fibre qui passent dans la machine d'essai de sélection sans rupture répondent aux prescriptions de l'essai de sélection.

5.5 Compensation pour la contrainte absorbée par le revêtement – Calculs

Calculer la fraction de contrainte F , de la tension supportée par le revêtement protecteur comme suit:

$$F = \frac{E_2(D_2^2 - D_1^2) + E_1(D_1^2 - D_g^2)}{[E_2(D_2^2 - D_1^2) + E_1(D_1^2 - D_g^2)] + E_g D_g^2}$$

où

E_g est le module de Young de la fibre de verre, en pascals;

E_2 est le module de Young de la deuxième couche du revêtement, en pascals;

E_1 est le module de Young de la première couche du revêtement, en pascals;

D_g est le diamètre nominal de la fibre de verre, en micromètres;

D_2 est le diamètre nominal de la deuxième couche du revêtement, en micromètres;

D_1 est le diamètre nominal de la première couche du revêtement, en micromètres.

Pour E_2 et E_1 utiliser des valeurs cohérentes avec la température de mise en œuvre et avec l'humidité et la vitesse de déformation. Une surestimation au pire de la contribution du revêtement peut être faite en remplaçant le module de la couche interne du revêtement primaire par le module, plus grand, de la couche externe du revêtement primaire. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de connaître le diamètre et le module de la couche interne du revêtement primaire.

Calculer la contrainte de sélection corrigée T_a (N), à appliquer à la fibre revêtue comme suit:

$$T_a = \frac{(0,0008) D_g^2 \sigma_p}{(1 - F)}$$

où

D_g est le diamètre nominal de la fibre de verre, en micromètres;

σ_p est la contrainte de sélection, en gigapascals;

F est la fraction de contrainte supportée par le revêtement.

5.6 Résultats

5.6.1 Défaillance de la fibre

En cas de défaillance de la fibre, la preuve de cette défaillance doit être tout à fait évidente. Cela peut se traduire par une séparation complète, un étirage important du revêtement dans la zone de la défaillance, une coupure automatique de la machine, etc. Cette prescription est particulièrement importante pour les fibres dont le revêtement supporte une part non négligeable de la contrainte de traction appliquée, ou dotées d'une grande capacité d'allongement avant défaillance.

5.6.2 Informations requises

Il convient que les informations suivantes soient fournies avec chaque essai:

- la date et le titre de l'essai;
- l'identification de l'échantillon en essai;
- le niveau de contrainte de sélection.

All sections of fibre that pass through the proof test machine without breaking pass the proof test requirement.

5.5 Compensation for load sharing by coating – Calculations

Calculate the fraction, F , of the tension carried by the protective coating to be:

$$F = \frac{E_2(D_2^2 - D_1^2) + E_1(D_1^2 - D_g^2)}{[E_2(D_2^2 - D_1^2) + E_1(D_1^2 - D_g^2)] + E_g D_g^2}$$

where

E_g is Young's modulus of the glass fibre, in pascals;

E_2 is Young's modulus of the second coating layer, in pascals;

E_1 is Young's modulus of the first coating layer, in pascals;

D_g is the nominal diameter of the glass fibre, in micrometres;

D_2 is the nominal diameter of the second coating layer, in micrometres;

D_1 is the nominal diameter of the first coating layer, in micrometres.

Use values for E_2 and E_1 that are consistent with the operating temperature, humidity and strain rate. A worst case overestimate of the coating contribution can be made by replacing the modulus of the inner primary coating by the larger modulus of the outer primary coating. In this way, the diameter and modulus of the inner primary coating need not be known.

Calculate the corrected proof test tension, T_a (N), to be applied to the coated fibre as follows:

$$T_a = \frac{(0,0008) D_g^2 \sigma_p}{(1 - F)}$$

where

D_g is the nominal diameter of the glass fibre, in micrometres;

σ_p is the proof stress, in gigapascals;

F is the fraction of the load carried by the coating.

5.6 Results

5.6.1 Fibre failure

If a fibre fails, evidence of failure shall be readily apparent. This may show up as a complete separation, a gross stretching of the coating material in the failure area, an automatic shutdown of the machine, etc. This requirement is especially important for fibres having a coating material that carries a substantial portion of the applied tensile load, or having a large failure elongation.

5.6.2 Required information

The following information should be reported for each test:

- date and title of test;
- test sample identification;
- proof stress level.

5.6.3 Informations optionnelles

Il convient que les informations suivantes soient disponibles avec chaque essai:

- une description de l'appareil d'essai de sélection: type général, en ligne ou différé, diamètre de la plus petite poulie en contact avec la fibre testée et longueur d'application de la zone d'essai de sélection;
- le niveau de contrainte de sélection après ajustement pour partage avec le ou les revêtements. Pour plus d'informations, se reporter à 5.5;
- les valeurs du temps de mise hors contrainte et du temps d'application de la contrainte de sélection;
- le taux d'humidité et la température;
- l'allocation de longueur aux extrémités.

6 Méthode CEI 60793-1-B2 – Résistance à la traction des fibres optiques

6.1 Objet

L'essai donne des valeurs de la résistance à la traction d'échantillons de fibres optiques. La distribution de ces valeurs de charge à la rupture pour une fibre donnée dépend étroitement de la longueur des échantillons, de la vitesse d'application de la force et des conditions d'environnement. Cet essai doit s'appliquer au contrôle de recette lorsque des données statistiques sur la résistance des fibres sont demandées. Il convient que les résultats soient présentés sous forme d'une distribution statistique de contrôle de qualité. Habituellement, l'essai est réalisé après un conditionnement en température et humidité de l'échantillon. Dans certains cas, la mesure des valeurs à température et humidité ambiantes est suffisante.

6.2 Préparation des échantillons

De manière typique, l'essai est effectué sur de courtes longueurs, jusqu'à 1 m, ou sur de grandes longueurs de 10 m à 20 m. Les résultats d'essai doivent être comparés uniquement pour des échantillons de même longueur. L'interprétation des résultats est différente pour différentes longueurs d'échantillon.

6.3 Appareillage

On doit utiliser une machine de traction appropriée, munie de dispositifs d'accrochage de l'échantillon ne créant pas de dommages et évitant le glissement. Il convient que la vitesse de traction par minute ait une valeur d'au moins 3 % à 5 % de la longueur de l'échantillon, par exemple, des vitesses de 4 % et 20 % sont utilisées.

NOTE La machine de traction peut être à axe vertical ou horizontal. Le dispositif d'accrochage des fibres peut être réalisé au moyen de tambours de blocage ou par d'autres moyens appropriés.

6.4 Conditionnement (si nécessaire, voir spécification particulière)

Si cela est imposé, les échantillons peuvent être conditionnés dans d'autres environnements pour une période de temps spécifiée, comme spécifié dans la spécification particulière.

6.5 Procédure

La machine de traction doit appliquer une contrainte à la fibre sans l'endommager si des poulies de support sont utilisées. La longueur en essai est la section entre les mâchoires. La vitesse de traction est donnée dans la spécification particulière de la fibre. Si un conditionnement dans d'autres environnements est spécifié, le temps entre la sortie de l'environnement et le début de l'essai doit faire l'objet d'un accord.

5.6.3 Optional information

The following information should be available for each test:

- description of proof test equipment: general type, on-line or off-line, diameter of smallest pulley contacting the fibre being tested, and gauge length of proof test region;
- proof test level as adjusted for load sharing by coating(s). See 5.5 for further details;
- values of unload time and proof-stress dwell time;
- humidity and temperature;
- end allowance length.

6 Method IEC 60793-1-B2 – Tensile strength of optical fibres

6.1 Object

The test will give values of the tensile strength of optical fibre samples. The distribution of the tensile strength values of a given fibre strongly depends on the sample length, loading velocity and environmental conditions. The test shall be for inspection where statistical data on fibre strength is required. The results should be reported by means of statistical quality control distribution. Normally the test is carried out after temperature and humidity conditioning of the sample. In some cases, it may be sufficient to measure the values at ambient temperature and humidity conditions.

6.2 Sample preparation

Typically, the test is carried out on short lengths, up to 1 m, or on long lengths, from 10 m to 20 m. Test results from samples of the same length only shall be compared. The interpretation of the results is different for different sample lengths.

6.3 Apparatus

A suitable tensile machine shall be used with clamping devices which avoid damaging and slipping of the sample. The pulling speed should be at least 3 % to 5 % of the sample length per minute; for example, speeds of 4 % and 20 % are used.

NOTE The tensile machine may have a vertical or a horizontal pulling direction. The fibre clamping can be achieved by means of chuck drums or other suitable means.

6.4 Conditioning (if required, see detail specification)

If required, the samples can be conditioned in alternative environments for a specified period of time, as specified in the detail specification.

6.5 Procedure

The pulling machine shall apply stress to the fibre without damaging it if supporting pulleys are used. The length under test is the section between the clamping tools. The speed is given in the fibre detail specification. If conditioning in alternative environments is specified, the time between removal from the environment and the beginning of the test shall be agreed.

6.6 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- longueur en essai (c'est-à-dire distance entre les dispositifs d'accrochage);
- type de fixation;
- vitesse de traction;
- humidité relative et température ambiante;
- identification de la fibre;
- longueur de l'échantillon;
- valeur de la charge à la rupture. La valeur de la charge pour laquelle la fibre se casse doit être donnée comme charge à la rupture de la fibre;
- si des essais après conditionnement sont effectués, les résultats sont à comparer aux résultats sans conditionnement de la même population et en utilisant les mêmes caractéristiques d'essai (c'est-à-dire vitesse et longueur en essai).

NOTE En cas de fracture près des mâchoires ou des poulies de support, il convient que la valeur ne soit pas prise en compte dans la distribution statistique de contrôle de qualité, mais notée séparément.

6.7 Présentation et analyse des résultats

A l'étude.

7 Méthode CEI 60793-1-B6 – Dénudabilité

7.1 Objet

7.1.1 Le présent essai permet de déterminer quantitativement la force requise pour retirer mécaniquement le revêtement de protection des fibres optiques le long de leur axe longitudinal. Cet essai ne consiste ni en un moyen destiné à maximiser la résistance de la fibre après retrait du revêtement de protection, ni à spécifier les meilleures conditions pour le dénudage sur site de fibres optiques.

7.1.2 Le but principal de cet essai est d'éprouver des fibres dès leur production par un fabricant de fibres, ou ultérieurement revêtues (gaine serrée) au moyen de divers polymères. L'essai peut être effectué soit sur des fibres en l'état de production, soit après exposition à divers environnements.

7.1.3 Le présent essai s'applique aux fibres A1, A2, A3 et B.

7.2 Appareillage

7.2.1 Matériel d'essai de traction

Il est nécessaire d'utiliser un dispositif approprié, par exemple un appareillage d'essai de traction vertical, qui assure un mouvement relatif entre la fibre en essai et un outil de dénudage.

Ce dispositif doit être capable d'imprimer un mouvement constant, sans secousses, à la fibre en essai ou à l'outil de dénudage. La vitesse du mouvement doit être conforme aux prescriptions de 7.4.2 ci-après.

Le dispositif doit être capable d'assurer un mouvement relatif dans deux directions pour permettre le retour à zéro. Des moyens adaptés doivent être prévus pour fixer les lames de l'outil de dénudage et pour les maintenir dans une position perpendiculaire à l'axe de la fibre ou dans une position qui empêche la flexion de la fibre, et pour fixer une extrémité de la fibre en essai. Pour éviter la rupture de la fibre, les moyens utilisés pour immobiliser l'extrémité de la fibre au point de fixation ne doivent pas soumettre la fibre à des contraintes excessives.

La figure 5 illustre des exemples de montages d'essai.

6.6 Results

The following data shall be presented:

- gauge length (i.e. distance between clamping devices);
- type of clamping fixtures;
- pulling speed;
- relative humidity and ambient temperature;
- fibre identification;
- length of sample;
- strength values: the strain value under which the fibre breaks shall be reported as the strength of fibre;
- if testing after conditioning is performed, then the results are to be compared to the unconditioned results from the same population and using the same test characteristics (i.e. speed and gauge length).

NOTE In case of fracture near the clamping region or supporting pulleys, the value should not be incorporated into the statistical quality control distribution but should be reported separately.

6.7 Presentation and analysis of the results

Under consideration.

7 Method IEC 60793-1-B6 – Strippability

7.1 Object

7.1.1 This test quantifies the force required to mechanically remove the protective coating from optical fibres along their longitudinal axis. This test is not intended as a means to maximise fibre strength after the coating is removed nor is it intended to specify the best conditions for field stripping of optical fibres.

7.1.2 This test is intended primarily for testing either fibres as produced by a fibre manufacturer or subsequently overcoated (tight buffered) using various polymers. The test can be performed either on fibres as produced or after exposure to various environments.

7.1.3 This test applies to A1, A2, A3 and B fibres.

7.2 Apparatus

7.2.1 Tensile equipment

A suitable device, for example a vertical tensile tester, shall be used which provides relative motion between the test fibre and a stripping tool.

It shall be capable of imparting constant motion, without jerking, to the fibre under test, or alternatively to the stripping tool. The movement shall be at the rate given in 7.4.2 hereinafter.

The device shall be capable of providing relative motion in two directions to allow resetting. Suitable means shall be included for clamping and maintaining the stripping tool blades perpendicular to the fibre axis or in a position which prevents fibre bending, and for securing one end of the test fibre. To prevent fibre breakage, the means used to secure the fibre at the clamping point shall not stress the fibre excessively.

Examples of test arrangements are shown in figure 5.

7.2.2 Cellule dynamométrique

Utiliser tout dispositif approprié, capable de mesurer la force appliquée à la fibre pendant le retrait du revêtement de la fibre.

7.2.3 Amplificateur du transducteur

Ce dispositif reçoit les signaux en provenance de la cellule dynamométrique et indique la force de traction exercée sur la fibre en essai, lorsque le revêtement est enlevé. Le système d'affichage doit être continu, comme par exemple un enregistreur à papier déroulant, et doit fournir des informations suffisantes pour calculer les forces maximales et moyennes ainsi que l'amplitude et les fréquences de toute oscillation de la force pendant le dénudage.

La précision de la mesure de la force doit être conforme aux prescriptions de la spécification particulière.

7.2.4 Outil de dénudage

7.2.4.1 Etant donné que les résultats obtenus à partir de cet essai dépendent dans une large mesure de la conception de l'outil utilisé, il est important de suivre les directives suivantes concernant la conception de l'outil.

- a) Sauf indication contraire dans la spécification particulière, le diamètre du trou dans les lames de l'outil ou la distance entre les lames doit être supérieur(e) au diamètre nominal de la gaine de la fibre à dénuder afin de ne pas endommager la surface de la gaine. Un exemple pratique est un trou ou une distance entre les lames qui est 50 µm plus grande que le diamètre de la gaine.
- b) Les lames de l'outil de dénudage doivent être construites de manière à ne pas entraîner une flexion de la fibre. Les outils dont les lames se joignent en bout dans le même plan sont recommandés pour cet essai.

7.2.4.2 L'outil de dénudage doit être installé sur l'appareillage d'essai et maintenu fermé autour de la fibre à l'aide d'attaches adaptées.

7.2.4.3 Les outils de dénudage doivent être remplacés à des intervalles spécifiés dans un programme de qualité détaillé ou lorsque l'usure est suffisante pour fausser les résultats des essais.

NOTE L'usure de l'outil peut affecter partiellement ou totalement la rupture de la fibre, la quantité de résidu laissé sur la surface en verre, la manière dont le revêtement est retiré de la fibre, ainsi que la force requise pour retirer ces revêtements.

7.2.5 Guide fibre

La longueur de fibre dépassant la lame de l'outil doit être maintenue dans une position rectiligne par un guide adapté (pouvant faire partie de l'outil de dénudage lui-même) qui satisfait aux exigences suivantes.

- a) Le guide doit supporter la fibre pour éviter une flèche due au poids de la fibre.
- b) Le guide doit empêcher la flexion de la fibre due à la déformation du revêtement de la fibre au fur et à mesure qu'il est retiré.
- c) Le guide doit être placé aussi près que possible de l'outil de dénudage, sans pour autant interférer avec l'opération de dénudage.
- d) Le guide doit permettre une insertion facile dans le montage d'essai, ainsi qu'un nettoyage aisé; il ne doit pas gêner la déformation éventuelle du revêtement.

7.2.2 Load cell

Use any appropriate device which is capable of sensing the force imparted to the fibre during the removal of the fibre coating.

7.2.3 Transducer amplifier

This device receives signals from the load cell and indicates the tensile force on the test fibre up to the point when the coating is stripped off. The readout shall be continuous, such as a strip chart recorder, and shall provide sufficient information to calculate the maximum and average forces and the amplitude and frequencies of any oscillations in the force during stripping.

The accuracy of the force measurement shall be as specified in the detail specification.

7.2.4 Stripping tool

7.2.4.1 Because the results from this test are strongly dependent upon the design of tool used, it is important that the following tool design guidelines be observed.

- a) Unless otherwise specified in the detail specification, the diameter of the hole in the tool blades or the distance between the blades shall be greater than the nominal cladding diameter of the fibre to be stripped in order not to damage the cladding surface. A practical example is a hole or distance between the blades which is 50 µm larger than the nominal cladding diameter.
- b) The stripping tool blades shall be constructed such that the blades do not cause fibre bending. Stripping tools in which the blades butt together in the same plane are preferred in this test.

7.2.4.2 The stripping tool shall be mounted on the test fixture and held closed around the fibre using suitable clamps.

7.2.4.3 Stripping tools shall be replaced at intervals as dictated by a documented quality schedule or whenever wear is sufficient to affect the test results.

NOTE Tool wear can affect any or all of the following: fibre breakage, the amount of residue left on the glass surface, the way in which the coating is removed from the fibre, and the force required to remove the coatings.

7.2.5 Fibre guide

The fibre which extends past the stripping tool blade shall be held straight by use of a suitable guide (which may be designed into the stripping tool itself) which meets the following requirements.

- a) The guide shall support the fibre to prevent sagging due to the weight of the fibre.
- b) The guide shall prevent bending of the fibre caused by buckling of the fibre coating as it is removed.
- c) The guide shall be located as close to the stripping tool as possible without interfering with the stripping operation.
- d) The guide shall allow for easy insertion into the test set-up and for easy cleaning, and shall provide freedom from interference if the coating buckles.

7.3 Préparation des échantillons

7.3.1 Echantillons représentatifs

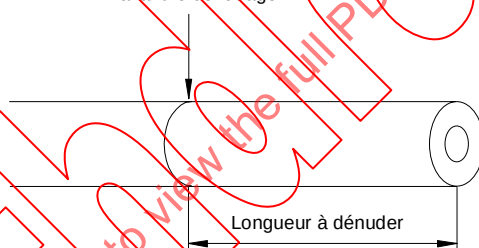
L'échantillon doit être représentatif de la population de fibres soumise à l'essai. En raison de la variabilité de l'essai, il est nécessaire d'essayer un nombre minimal de 10 éprouvettes d'essai et d'établir une moyenne permettant d'obtenir un résultat valable pour un échantillon donné.

7.3.2 Longueur de l'échantillon

La longueur de fibre dénudée est susceptible d'influer sur la force de dénudage. Cependant, pour des fibres dont le revêtement présente un diamètre nominal de 250 µm, la longueur de fibre dénudée exerce un effet minimal sur la force de dénudage. La longueur de fibre dénudée doit être indiquée dans la spécification particulière (pour les fibres dont le revêtement présente un diamètre nominal de 250 µm, les valeurs préférentielles sont 20 mm, 30 mm et 50 mm. Pour des revêtements présentant des diamètres plus importants, des longueurs de dénudage plus courtes sont préférées).

La longueur totale de l'échantillon est déterminée par la distance entre l'extrémité fixe de la fibre et l'outil de dénudage, la longueur de fibre spécifiée pour dépasser l'outil de dénudage (se reporter à la figure 4) et la longueur de fibre requise pour sa fixation à l'appareillage d'essai. Les résultats de l'essai dépendent, en partie, de la longueur de fibre qui s'étend au-delà de l'outil de dénudage; les résultats ne dépendent pas de la longueur totale des échantillons.

Position de la lame de l'outil
avant le dénudage



IEC 1919/99

Figure 4 – Longueur de fibre à dénuder

7.4 Procédure

7.4.1 Introduction

Cette procédure implique la rupture du revêtement à la distance prescrite par rapport à l'extrémité de la fibre et le retrait du revêtement de la fibre, tout en mesurant la force nécessaire pour retirer le revêtement.

7.4.2 Vitesse de dénudage

La force requise pour retirer les revêtements de la fibre dépend, en partie, de la vitesse de dénudage. Si on veut comparer les résultats de différents essais, on doit utiliser la même vitesse de dénudage. Le matériel d'essai doit être réglé de manière à imprimer un mouvement relatif entre la fibre et l'outil de dénudage à la vitesse indiquée dans la spécification particulière (une vitesse de dénudage de 100 mm/min ou 500 mm/min est préférée pour une fibre dont le revêtement a un diamètre nominal de 250 µm; pour des diamètres de revêtements plus importants, une vitesse de dénudage de 100 mm/min est préférée).

7.4.3 Préconditionnement

Sauf indication contraire, les échantillons en essai doivent être preconditionnés pendant une durée minimale de 24 h à une température de 25 °C ± 5 °C pour une humidité relative de 30 % à 60 %.

7.3 Sample preparation

7.3.1 Representative samples

The sample shall be representative of the population of fibres under evaluation. Because of the test variability, a minimum of 10 test pieces shall be tested and averaged to obtain one result for a particular sample.

7.3.2 Sample length

The length of fibre stripped can affect the strip force. However, for 250 µm nominal coating diameter fibres, the length of fibre stripped has minimal effect on the strip force. The length of fibre stripped shall be specified in the detail specification (for 250 µm nominal coating diameter fibres, preferred values are 20 mm, 30 mm or 50 mm. For larger coating diameter, shorter stripping lengths are preferred).

Total sample length is determined by the distance between the secured fibre end and the stripping tool, the length of fibre specified to extend past the stripping tool (see figure 4), and the length of fibre required to secure it to the test fixture. Test results depend, in part, on the length of the fibre extending past the stripping tool; results are not dependent upon total sample length.

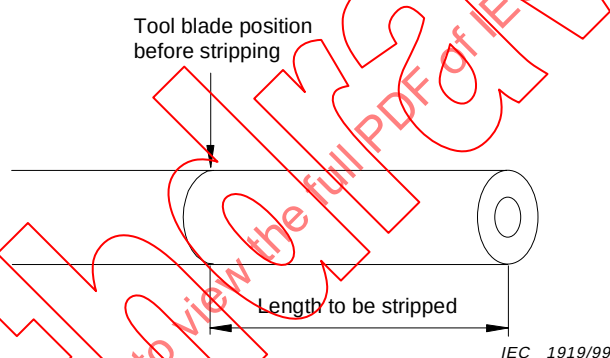


Figure 4 – Length of fibre to be stripped

7.4 Procedure

7.4.1 Introduction

This procedure involves severing the coating at the prescribed distance from the end of the fibre, and then removing the coating from the fibre while measuring the force required to accomplish this removal.

7.4.2 Stripping rate

The force required to remove coatings from fibre is dependent, in part on the stripping rate. If results of different tests are to be comparable, the same stripping rate shall be used. The test equipment shall be set so as to impart a relative motion between the fibre and the stripping tool at the rate specified in the detail specification (a preferred value for 250 µm nominal coating diameter fibre is 100 mm/min or 500 mm/min; for larger coating diameters, 100 mm/min is preferred).

7.4.3 Preconditioning

Unless otherwise specified, the test samples shall be preconditioned for a minimum of 24 h at 25 °C ± 5 °C and 30 % to 60 % relative humidity.

7.4.4 Etalonnage de l'amplificateur du transducteur

Le transducteur et la cellule dynamométrique doivent être étalonnés avant chaque série d'essais ou conformément à un programme d'étalonnage précis.

7.4.5 Mise en place de l'échantillon en essai

Avant de mettre en place la fibre, il est nécessaire de s'assurer que la zone entourant les deux lames de l'outil de dénudage est exempte de débris et/ou de dépôts résultant d'une utilisation antérieure.

Une extrémité de la fibre en essai doit être fixée à l'appareillage d'essai de sorte qu'elle ne glisse pas sous la charge (par exemple l'extrémité de la fibre est enroulée trois fois autour d'un cabestan de 80 mm de diamètre). L'autre extrémité est enfilée dans l'outil de dénudage et introduite dans le guide/support de fibre.

7.4.6 Enlèvement du revêtement

7.4.6.1 Mettre l'appareillage d'essai en marche afin d'assurer un mouvement relatif constant entre la fibre et l'outil de dénudage.

7.4.6.2 Observer et enregistrer la force requise pour retirer le revêtement de la fibre de verre. Ne pas tenir compte des résultats relatifs aux fibres qui se brisent pendant l'essai.

7.4.6.3 L'essai est terminé lorsque le revêtement a été entièrement retiré de la fibre.

NOTE Tout résidu de revêtement visible à l'œil nu doit pouvoir être facilement éliminé en essuyant doucement la fibre avec un chiffon de laboratoire.

7.5 Résultats

Chaque essai doit être accompagné des renseignements suivants:

- a) la date d'essai;
- b) l'identification de la fibre soumise à l'essai, y compris le diamètre extérieur du revêtement et le type de matériau constituant le revêtement;
- c) l'identification du type d'outil de dénudage utilisé, y compris le nom du fabricant et le diamètre nominal du trou de la lame;
- d) la vitesse de dénudage;
- e) la longueur de revêtement retirée;
- f) les résultats d'essai, y compris:
 - 1) le nombre de fibres qui ne se sont ni brisées ni détériorées pendant l'essai;
 - 2) la moyenne des résultats obtenus sur un nombre minimal de 10 éprouvettes pour la valeur moyenne de la force de dénudage, sans tenir compte du premier pic;
 - 3) l'écart type ou l'étendue de la population de l'échantillon;
 - 4) le nombre de fibres essayées qui ont été brisées ou endommagées avant le retrait total du revêtement;
 - 5) les conditions ambiantes relatives au préconditionnement et celles qui prévalent pendant l'essai, y compris la température et l'humidité relative;
 - 6) une indication signalant si le résidu de revêtement n'est pas facilement éliminé, conformément à 7.4.6.3.

7.4.4 Calibrating the transducer amplifier

The transducer and load cell shall be calibrated before each series of tests or as dictated by a documented calibration schedule.

7.4.5 Loading the test sample

The area around both blades of the stripping tool shall be free of debris and/or build-up from any previous use before loading the fibre.

One end of the test fibre shall be secured to the test fixture so that it will not slip under load (e.g. three turns of fibre around an 80 mm diameter capstan). The other end is threaded through the stripping tool and inserted through the fibre guide/support.

7.4.6 Stripping the coating

7.4.6.1 Start the test apparatus to provide a constant relative motion between the fibre and the stripping tool.

7.4.6.2 Observe and record the force required to remove the coating from the glass fibre. Exclude data from fibres which break during the test.

7.4.6.3 The test is complete when the coating has been completely removed from the fibre.

NOTE Any remaining coating residue visible to the naked eye shall be easily removable by gently wiping the fibre with a laboratory tissue.

7.5 Results

The following information shall be reported with each test:

- a) test date;
- b) identification of the fibre tested including coating outer diameter and coating material type;
- c) identification of type of stripping tool used including manufacturer and nominal blade hole size;
- d) the strip rate;
- e) length of coating stripped;
- f) test results including:
 - 1) number of unbroken or undamaged fibres tested;
 - 2) average of results obtained on 10 or more test pieces for the mean stripping force, excluding the first peak;
 - 3) standard deviation or range of the sample population;
 - 4) number of fibres tested which broke or were damaged before completely removing the coating;
 - 5) environmental conditions for preconditioning and during the test including temperature and relative humidity;
 - 6) an indication as to whether the coating residue is not readily removable according to 7.4.6.3.

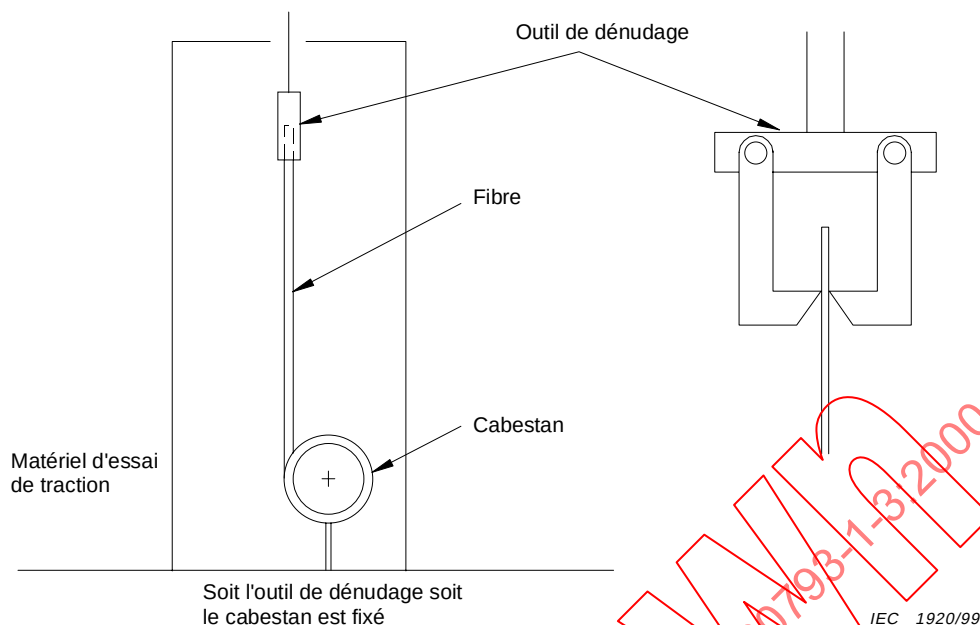


Figure 5 – Exemple d'équipement d'essai

8 Détermination du paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte – Introduction

Cette partie de la norme contient les descriptions relatives aux cinq principales méthodes d'essai concernant la détermination du paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte. Dans la pratique, on utilise des essais de fatigue dynamique et de fatigue statique.

Il convient que tout essai mécanique de fibre détermine les caractéristiques de contrainte à la rupture et les propriétés de fatigue dans des conditions qui représentent autant que possible l'application pratique. La gamme des méthodes d'essai appropriées suivante est disponible.

- Fatigue dynamique par tension
- Fatigue dynamique par flexion en deux points
- Fatigue statique par tension
- Fatigue statique par flexion en deux points
- Fatigue statique par courbure uniforme

Ces méthodes conviennent aux fibres multimodales de type A1, A2 et A3 et aux fibres unimodales de type B1. Toutes les méthodes d'essai indiquées ci-dessus doivent être réalisées dans des conditions d'environnement constantes. Sauf prescription contraire dans la spécification particulière, la valeur nominale de la température doit être dans la plage de 20 °C à 23 °C avec une tolérance de ± 2 °C pour la durée de l'essai. Sauf prescription contraire dans la spécification particulière, la valeur nominale de l'humidité relative (HR) doit être dans la plage de 40 % à 60 % avec une tolérance de ± 5 % pour la durée de l'essai. Pour certaines interprétations, il est recommandé de se conformer plus étroitement à la valeur préférentielle. La valeur nominale préférentielle est de 50 % d'humidité relative.

Sauf prescription contraire, toutes les éprouvettes sont préconditionnées dans l'environnement d'essai pendant une période minimale de 12 h.

L'utilisation du paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte (et de l'essai de sélection) pour des estimations de fiabilité est encore à l'étude. Il n'a pas été développé de méthode d'extrapolation de ce paramètre dans des environnements de fonctionnement autres que l'environnement par défaut prescrit ci-dessus.

On a observé que la valeur de n fournie par ces essais peut changer après exposition, même brève, de la fibre à une température ou une humidité élevées.

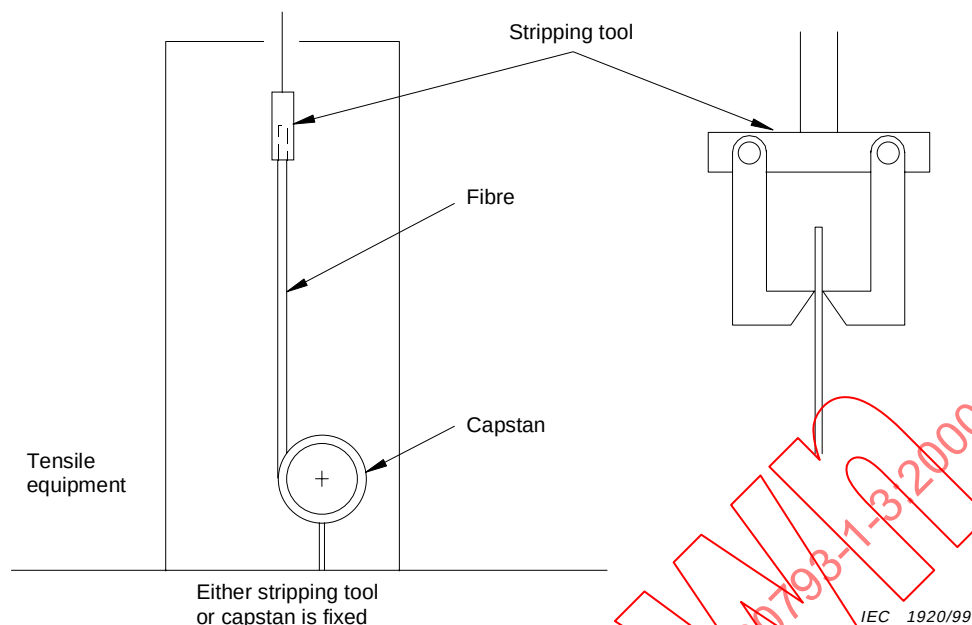


Figure 5 – Example of test arrangement

8 Determination of stress corrosion susceptibility parameters – Introduction

This part of the standard contains descriptions of the five main test methods concerning the determination of stress corrosion susceptibility parameters. In practice, both dynamic fatigue and static fatigue tests are used.

Any fibre mechanical test should determine fracture stress and fatigue properties under conditions that model the practical application as close as possible. The following range of appropriate test methods is available.

- Dynamic fatigue by tension
- Dynamic fatigue by two-point bending
- Static fatigue by tension
- Static fatigue by two-point bending
- Static fatigue by uniform bending

These methods are appropriate for types A1, A2 and A3 multimode and B1 single-mode fibres. All of the test methods stated above shall be carried out at constant environmental conditions. Unless otherwise specified in the detail specification, the nominal value of temperature shall be in the range of 20 °C to 23 °C with a tolerance ± 2 °C for the duration of the test. Unless otherwise specified in the detail specification, the nominal value of relative humidity (RH) shall be in the range of 40 % to 60 % with a tolerance ± 5 % for the duration of the test. For certain interpretations, closer adherence to the preferred value is recommended. The preferred nominal value is 50 % RH.

Unless otherwise specified, precondition all specimens in the test environment for a minimum period of 12 h.

The use of stress corrosion susceptibility (and proof stress) parameters for reliability estimates is still under consideration. A method for extrapolating these to service environments different from the default environment specified above has not been developed.

It has been observed that the value of n produced by these tests can change after even brief exposure of the fibre to elevated temperature and humidity.

Un guide pour l'utilisation de ces méthodes est donné à l'annexe B.

NOTE Il est admis que la valeur observée du paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte n diffère selon les méthodes d'essai de fatigue. Il a été observé que le temps de mesure et le niveau de contrainte appliqué avaient une influence sur les résultats. Il convient de choisir avec soin la méthode d'essai à utiliser. Il est recommandé que celle-ci soit définie conjointement entre l'utilisateur et le fabricant.

Les méthodes d'essai de fatigue statique et dynamique fournissent des résultats comparables si les deux types d'essai sont effectués sur des durées effectives équivalentes. Pour les essais de fatigue dynamique, cela signifie que la durée des essais doit être $(n + 1)$ fois supérieure à celle des essais de fatigue statique.

Lorsque des méthodes d'essai de fatigue statique sont utilisées, il a été observé que pour des durées d'essai plus longues et, par conséquent, des niveaux de contraintes appliqués plus faibles, la valeur n augmente. La plage de durée des essais de fatigue statique fournie dans le présent document représente mieux la situation pratique que celle des essais de fatigue dynamique, qui sont en général réalisés dans des temps relativement courts.

9 Méthode CEI 60793-1-B7A – Méthode de mesure du paramètre de fatigue dynamique des fibres optiques par tension axiale

9.1 Objet

La présente méthode détermine le paramètre de fatigue dynamique de fibre optique pour une vitesse de déformation constante et spécifiée.

Cette méthode est destinée à être utilisée uniquement pour les fibres optiques dont la contrainte à la rupture médiane est supérieure à 3 100 MPa pour la vitesse de déformation spécifiée la plus élevée. Pour les fibres dont la contrainte à la rupture médiane est inférieure à 3 100 MPa, les conditions ci-incluses n'ont pas démontré une précision suffisante (voir 9.4.2).

Cette méthode est destinée à évaluer la tenue des fibres à l'essai de fatigue en faisant varier la vitesse de déformation. Cet essai est applicable aux fibres et aux vitesses de déformation pour lesquelles le tracé du logarithme de la contrainte à la rupture en fonction du logarithme de la vitesse de déformation est linéaire.

9.2 Appareillage

Le présent paragraphe décrit les prescriptions principales applicables à l'équipement utilisé pour les essais de contrainte à la rupture dynamique. Plusieurs configurations peuvent satisfaire à ces exigences. Quelques exemples sont présentés aux figures 6 et 7. Sauf prescription contraire dans la spécification particulière, utiliser une longueur d'essai de 500 mm pour les éprouvettes en essai.

9.2.1 Support de l'éprouvette

La longueur de fibre à soumettre à l'essai doit être maintenue aux deux extrémités et soumise à une tension croissante jusqu'à ce qu'il y ait rupture de la fibre dans sa longueur utile. Il convient d'éviter les ruptures de la fibre au niveau des pinces.

Toute rupture au niveau de la pince doit être notée mais ne doit pas être prise en compte comme une partie de l'échantillon ou utilisée dans les calculs ultérieurs.

Un cabestan éventuellement recouvert d'une gaine élastomère est utilisé pour maintenir la fibre (voir figure 8). Une portion de la fibre qui ne sera pas soumise à l'essai est enroulée plusieurs fois sur le cabestan et fixée à son extrémité au moyen d'une courroie élastique ou d'un ruban adhésif, par exemple. La fibre doit être enroulée sans chevauchements. La longueur en essai est la longueur de fibre entre les axes des cabestans de fixation avant la mise en tension.

A guide for the use of these methods is given in annex B.

NOTE The observed value of stress corrosion susceptibility parameter n may differ between fatigue test methods. Influences on the results have been observed concerning the measuring time and the applied stress level. Care should be taken in the choice of test method. This should be agreed between the user and manufacturer.

Static and dynamic fatigue test methods show comparable results if both tests are performed in the same effective measuring time. For dynamic fatigue tests, this means a measuring time which is $(n + 1)$ times larger than the measuring time of static fatigue tests.

When using static fatigue test methods, it has been observed that for longer measuring times and consequently lower applied stress levels, the n -value increases. The range of measuring times of the static fatigue tests, given in this document, approaches the practical situation better than that of the dynamic fatigue tests, which in general are performed in relatively short time-frames.

9 Method IEC 60793-1-B7A – Method for measuring dynamic fatigue parameters of optical fibres by axial tension

9.1 Object

This method is designed for determining the dynamic fatigue parameters of optical fibre at specified constant strain rates.

This method is intended to be used only for those optical fibres of which the median fracture stress is greater than 3 100 MPa at the highest specified strain rate. For fibres with median fracture stress less than 3 100 MPa, the conditions herein have not demonstrated sufficient precision (see 9.4.2).

This method is intended to test fatigue behaviour of fibres by varying the strain rate. The test is applicable to fibres and strain rates for which the logarithm of fracture stress versus the logarithm of strain rate behaviour is linear.

9.2 Apparatus

This paragraph describes the fundamental requirements of the equipment used for dynamic fracture stress testing. There are many configurations which can meet these requirements. Some examples are presented in figures 6 and 7. Unless otherwise specified in the detail specification, use a gauge length of 500 mm for tensile test specimens.

9.2.1 Support of the specimen

The fibre length to be tested shall be gripped at both ends and subjected to increasing tension until fracture occurs in the gauge length section of the fibre. The fibre fracture at the grip should be minimized.

A break that occurs at the grip shall be recorded but is not to be considered part of the sample or used in subsequent calculations.

A capstan, optionally covered with an elastomeric sheath, is used to grip the fibre (see figure 8). A section of the fibre that will not be tested is wrapped around the capstan several times and secured at the end with, for example, an elastic band or masking tape. The fibre shall be wrapped with no crossovers. The gauge length is the length of fibre between the axes of the gripping capstans before it is stretched.

Les diamètres des cabestans et des poulies doivent être déterminés de façon à ce que la fibre ne soit pas soumise à une contrainte de flexion qui entraîne une rupture de la fibre sur le cabestan. Pour des fibres types à base de silice, les contraintes de flexion ne doivent pas dépasser 175 MPa lorsque la fibre est enroulée comme illustré à la figure 8 ou est appliquée sur une poulie. (Pour une fibre en silice de 125/250 μm – gaine/revêtement – le diamètre minimal du cabestan est alors de 50 mm.) La surface du cabestan doit être suffisamment résistante pour que la fibre ne l'entaille pas lorsqu'elle est en pleine charge. Cette condition peut être déterminée par des essais préliminaires.

9.2.2 Mise en contrainte de la fibre

La fibre doit être soumise à un allongement, avec une vitesse de déformation donnée, jusqu'à rupture. La vitesse de déformation est exprimée en pourcentage par minute, par rapport à la longueur en essai. Deux exemples de réalisation sont fournis ci-après:

- a) augmenter l'écartement entre les cabestans de fixation en déplaçant l'un ou les deux cabestans à une vitesse donnée, l'écartement initial étant égal à la longueur en essai (figure 8), ou
- b) tourner un ou les deux cabestans de fixation pour tendre la fibre soumise à l'essai (figures 9 et 10).

La vitesse de déformation est la variation de la longueur, en pourcentage, entre les deux positions, divisée par la durée.

Si la méthode b) est utilisée, on doit s'assurer que la fibre ne s'entrecroise pas pendant l'enroulement sur le cabestan.

Si des fibres sont soumises à l'essai simultanément, chaque fibre doit être protégée des fibres adjacentes de façon que l'effet de coup de fouet au moment de la rupture n'endommage pas les autres fibres soumises à l'essai.

9.2.3 Mesure de la force à la rupture

La contrainte de tension au cours de l'essai et au moment de la rupture pour chaque fibre soumise à l'essai doit être mesurée au moyen d'une cellule dynamométrique, étalonnée à 0,5 % (0,005) de la charge de rupture ou de la charge maximale, pour chaque plage de charges de rupture. La cellule dynamométrique doit être étalonnée lorsqu'elle est orientée de la même manière que pour l'essai avec une fibre. Pour la méthode b), une ou plusieurs poulies légères, à faible friction, doivent être utilisées à la place du cabestan non rotatif (voir figure 7), ou du cabestan rotatif (voir figure 8), lors de l'étalonnage des cellules dynamométriques au moyen d'un fil et d'un poids d'étalonnage. Le fil, relié à une extrémité du dispositif de mesure de la charge (ou au cabestan) doit avoir la même direction qu'une fibre réelle soumise à l'essai et avoir une épaisseur ou un diamètre comparables à ceux de la fibre soumise à l'essai. Il est recommandé d'utiliser au moins trois poids d'étalonnage pour l'étalonnage de la cellule dynamométrique qui encadrent la charge de rupture typique ou la charge maximale (50 % au-dessous de la valeur maximale, valeur maximale et 50 % au-dessus de la valeur maximale).

L'enregistrement de la charge de tension maximale au moment de la rupture peut être par exemple réalisé avec un enregistreur. Le temps de réponse doit être suffisant pour rendre compte de la charge de rupture à 1 % de la valeur réelle.

NOTE Les effets du frottement des poulies peuvent donner lieu à des erreurs significatives d'étalonnage de la cellule dynamométrique pour les dispositifs d'essai à cabestan rotatif montés horizontalement.

9.2.4 Réglage de la vitesse de déformation

Le réglage de l'ensemble de commande de la vitesse doit être déterminé par des essais afin de satisfaire aux vitesses de déformation spécifiées. La vitesse de déformation doit être exprimée en pourcentage de la longueur en essai par unité de temps. Sauf prescription contraire dans la spécification particulière, la vitesse de déformation maximale doit être

The capstan and pulley diameter shall be determined such that the fibre shall not be subjected to a bending stress that causes the fibre to break on the capstan. For typical silica based fibres, the bending stresses shall not exceed 175 MPa when the fibre is wrapped as shown in figure 8 or traverses a pulley. (For 125/250 μm – cladding/coating – silica fibre, the minimum capstan diameter is then 50 mm.) The capstan surface shall be tough enough so that the fibre does not cut into it when fully loaded. This condition can be determined by pre-testing.

9.2.2 Stressing the fibre

The fibre shall be elongated at a fixed strain rate until it breaks. The rate of elongation is expressed as percentage per minute, relative to the gauge length. Two examples of doing this are:

- a) increase the separation between the gripping capstans by moving one or both of the capstans at a fixed rate of speed, with the starting separation equal to the gauge length (figure 8), or
- b) rotate one or both of the gripping capstans, to take up the fibre under test (see figures 9 and 10).

The strain rate is the change in length between the two locations, in percent, divided by the time.

If method b) is used, there shall be provision so that the fibre on the capstan does not cross over itself as it is wrapped.

If fibres are tested simultaneously, each fibre shall be protected from adjacent fibres so that whiplash at fracture does not damage other fibres under test.

9.2.3 Measuring the force at fracture

The tensile stress during the test and at fracture for each test fibre shall be measured by a load cell, calibrated to within 0,5 % (0,005) of the fracture or maximum load, for each range of fracture stress. The load cell shall be calibrated while oriented in the same manner as when testing the fibre under load. For method b), a light, low-friction pulley (or pulleys) shall be used in place of the non-rotating capstan (see figure 7), or the rotating capstan (see figure 8), when calibrating load cells with a string and calibration weight. The string, attached at one end to the load measuring device (or its capstan), shall duplicate the direction of an actual test fibre and be of a thickness or diameter comparable to that of a test fibre. A minimum of three calibration weights are recommended for load cell calibration which bracket the typical fracture or maximum load (50 % below maximum, maximum, and 50 % above maximum).

Recording the maximum tensile load at the time of fracture may be obtained for example by a strip chart recorder. The response time shall be sufficient to report the fracture stress within 1 % of its actual value.

NOTE Frictional effects from the pulleys can lead to substantial errors in the load cell calibration of horizontally mounted rotating capstan testers.

9.2.4 Set strain rate

The setting for the speed-control unit shall be determined by trial in order to meet the specified strain rates. The strain rate shall be expressed as a percentage of gauge length per unit time. Unless otherwise specified in the detail specification, the maximum strain rate shall be ≤ 100 %/min. The actual maximum strain rate should be selected taking into account aspects of the test method such as equipment considerations, material properties of the samples, etc.

≤ 100 %/min. Il convient de choisir la vitesse de déformation maximale réelle en tenant compte des aspects de la méthode d'essai tels que les équipements, les propriétés des matériaux des échantillons, etc. Trois vitesses supplémentaires doivent être utilisées, chacune étant séquentiellement réduite d'une puissance de 10 approximativement par rapport à la valeur maximale.

Il est possible de réduire la durée de l'essai en utilisant une vitesse plus rapide en même temps qu'une charge plus faible. Par exemple, si une vitesse de 0,025 %/min. est prescrite, quelques éprouvettes sont soumises à l'essai mais à la vitesse juste supérieure (0,25 %/min.) pour établir une plage de charges de rupture. Précharger ensuite à un niveau égal ou inférieur à 80 % de la charge de rupture la plus faible trouvée pour les éprouvettes testées à la vitesse juste supérieure dans l'essai initial.

9.2.5 Calcul de la vitesse de mise sous contrainte

Il est admis que la vitesse de mise sous contrainte varie avec le type de fibre, l'équipement, la tension de rupture, le glissement de la fibre, et la vitesse de déformation. Calculer le taux de tension $\dot{\sigma}_a$ pour chaque vitesse de déformation utilisée pour le calcul de la fatigue conformément à la formule suivante:

$$\dot{\sigma}_a = \frac{0,2 \cdot \sigma_f}{t(\sigma_f) - t(0,8 \cdot \sigma_f)} \quad (1)$$

où

σ_f est la contrainte à la rupture;

$t(\sigma_f)$ est le temps au moment de la rupture;

$t(0,8 \cdot \sigma_f)$ est le temps de précharge à 80 % de la charge de rupture.

Cette recommandation reste encore à l'étude.

9.3 Echantillon en essai

9.3.1 Taille de l'échantillon

Du fait de la variabilité des résultats d'essai, un minimum de 15 éprouvettes pour chaque vitesse de déformation est soumis à l'essai et la valeur de contrainte à la rupture la plus faible est éliminée pour chaque vitesse. Si l'écart type sur l'estimation de la pente de la courbe σ_f en fonction de $\dot{\sigma}_a$ est de 0,0017 ou plus (comme expliqué en 9.5.3), l'essai est effectué sur au moins 30 éprouvettes pour chaque vitesse de déformation et les deux valeurs de contrainte à la rupture les plus faibles sont éliminées pour chaque vitesse.

9.3.2 Taille de l'échantillon (facultative)

Comme expliqué à l'article A.1, il est admis que des éprouvettes supplémentaires soient prescrites pour certaines applications pour lesquelles l'intervalle de confiance sur le paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte (tension) dynamique n_d doit être connu. Se reporter au tableau A.1 pour les diverses tailles d'échantillon, en fonction de la pente attendue des courbes de Weibull en essai dynamique m_d . Une utilisation convenable de l'algorithme de l'article A.2 est limitée aux essais pour lesquels la même taille d'échantillon est prescrite pour chaque vitesse.

9.4 Procédure

La présente procédure décrit la manière d'obtenir la contrainte à la rupture des fibres sur un échantillonnage donné soumis à l'essai pour une vitesse de déformation donnée. Les calculs des paramètres statistiques sont présentés en 9.5.

Three additional strain rates shall be used, each reduced sequentially by roughly a power of 10 from the maximum.

It is possible to minimize test duration by using a faster strain rate in conjunction with a reduced load. For example, if a strain rate of 0,025 %/min. is specified, test some specimens at the next fastest rate (0,25 %/min.) to establish a range of fracture stress. Then preload to a level equal to or less than 80 % of the lowest fracture stress found for the initial trial specimens at the next fastest rate.

9.2.5 Characterize stress rate

The stress rate may vary with fibre type, equipment, breaking stress, fibre slippage, and strain rate. Characterize the stress rate, $\dot{\sigma}_a$, at each strain rate used in the fatigue calculation according to:

$$\dot{\sigma}_a = \frac{0,2 \cdot \sigma_f}{t(\sigma_f) - t(0,8 \cdot \sigma_f)} \quad (1)$$

where

σ_f is the fracture stress;

$t(\sigma_f)$ is the time to fracture;

$t(0,8 \cdot \sigma_f)$ is the time at 80 % of the fracture stress.

This recommendation remains under consideration.

9.3 Test sample

9.3.1 Sample size

Because of the variability of test results, test a minimum of 15 specimens for each strain rate, and drop the lowest breaking fracture stress data point for each strain rate. Alternatively, if the standard error of estimate (SEE) of slope σ_f versus $\dot{\sigma}_a$ is 0,0017 or greater (as explained in 9.5.3), test a minimum of 30 specimens for each strain rate and drop the lowest two breaking fracture stress data points for each strain rate.

9.3.2 Sample size (optional)

As explained in clause A.1, additional specimens may be required for some applications in which the confidence interval on the estimate of the dynamic (tension) stress corrosion susceptibility parameter n_d needs to be known. Refer to table A.1 for various sample sizes, depending upon the expected dynamic Weibull slope m_d . Appropriate use of the algorithm in clause A.2 is restricted to tests in which the same sample size is specified for each strain rate.

9.4 Procedure

This procedure describes how to obtain fibre fracture stress on a given sample set tested at a given strain rate. Calculations of population statistics are presented in 9.5.

- 9.4.1** Régler et noter la longueur en essai (voir 9.2.2).
- 9.4.2** Régler et noter la vitesse de déformation (voir 9.2.4).
- 9.4.3** Si la méthode a) est utilisée, remettre les cabestans en position pour obtenir la longueur en essai spécifiée.
- 9.4.4** Mettre en place l'éprouvette dans les pinces, une extrémité à la fois. Le point tangent de la fibre doit être au même endroit que celui utilisé pendant les étalonnages. Guider chaque éprouvette de façon que la fibre fasse au moins le nombre prescrit de tours de cabestan sans chevauchement.
- 9.4.5** Réinitialiser l'instrument d'enregistrement de la charge.
- 9.4.6** Démarrer le moteur pour mettre sous contrainte la fibre. Enregistrer la contrainte en fonction du temps jusqu'à rupture de la fibre. Arrêter le moteur.
- 9.4.7** Recommencer les étapes 9.4.3 à 9.4.6 pour toutes les fibres de l'échantillonnage.
- 9.4.8** Calculer la contrainte à la rupture de la fibre σ_f pour chaque rupture. Utiliser l'équation en 9.5.1.
- 9.4.9** Calculer la vitesse de mise sous contrainte $\dot{\sigma}_a$ conformément à 9.2.5 pour utilisation en 9.5.3.
- 9.4.10** Calculer les paramètres statistiques de population nécessaires. Utiliser les équations de 9.5.2.

9.5 Calculs

9.5.1 Contrainte à la rupture

La méthode suivante peut être utilisée pour calculer la contrainte à la rupture σ_f lorsque la contribution du revêtement est négligeable (inférieure à 5 %), comme pour une fibre ordinaire d'un diamètre de 125 μm avec un diamètre de revêtement de 250 μm (revêtement polymère):

$$\sigma_f = T/A_g \quad (2)$$

où

T est la force (tension) exercée sur l'éprouvette composite à la rupture;

A_g est la section nominale de la fibre de verre.

Une méthode plus complète est fournie à l'article A.3 pour être utilisée lorsque la contribution du revêtement est importante.

9.5.2 Contrainte à la rupture pour une vitesse de déformation donnée

Les étapes suivantes sont prescrites pour réaliser un tracé de Weibull caractérisant la population.

- a) Trier les contraintes à la rupture de la valeur minimale à la valeur maximale. Attribuer un rang k à chacune d'entre elles. Le rang représente le classement; par exemple, le premier est la contrainte la plus faible, le second est la contrainte suivante la plus faible, etc. Attribuer un rang différent à chaque rupture, même si plusieurs ruptures ont la même contrainte à la rupture.

- 9.4.1** Set and record the gauge length (see 9.2.2).
- 9.4.2** Set and record the strain rate (see 9.2.4).
- 9.4.3** If method a) is used, return the gripping capstans to the gauge length separation.
- 9.4.4** Load the test specimen in the grips, one end at a time. The tangent point of the fibre shall be in the same location as that for the load calibrations. Guide each specimen so that the fibre makes at least the required number of turns around the capstan without crossing over itself.
- 9.4.5** Reset the load recording instrument.
- 9.4.6** Start the motor to stress the fibre. Record the stress versus time until the fibre breaks. Stop the motor.
- 9.4.7** Repeat steps 9.4.3 through 9.4.6 for all fibres in the sample set.
- 9.4.8** Calculate the fibre fracture stress, σ_f for each break. Use the equation of 9.5.1.
- 9.4.9** Calculate the stress rate $\dot{\sigma}_a$ according to 9.2.5 for use in 9.5.3.
- 9.4.10** Complete the required population statistic calculations. Use the equations of 9.5.2.

9.5 Calculations

9.5.1 Fracture stress

The following method can be used to calculate the fracture stress σ_f when the coating contribution is negligible (less than 5 %), such as on common 125 μm diameter fibre with a coated diameter of 250 μm (polymer coating).

$$\sigma_f = T/A_g \quad (2)$$

where

T is the force (tension) experienced by the composite specimen at fracture;

A_g is the nominal cross-sectional area of the glass fibre.

A more complete method is given in clause A.3 for use when the coating contribution is important.

9.5.2 Fracture stress at a given strain rate

The following steps are required to form a Weibull plot characterizing the population.

- a) Sort the fracture stresses from minimum to maximum. Assign a rank k to each. Rank is the order, e.g., first is the weakest, second is the next weakest, etc. Assign a different rank to each break, even if several breaks have the same fracture stress.

- b) Calculer la probabilité cumulative de rupture, F_k , pour chaque rupture:

$$F_k = (k - 0,5)/N, \quad k = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

où N est la taille de l'échantillon.

- c) Tracer le graphique $\ln [-\ln (1 - F_k)]$ en fonction de $\ln (\sigma_f)$ pour réaliser le tracé de Weibull.

NOTE Un papier graphique spécial de Weibull est disponible à cet effet.

- d) Identifier le tracé en mentionnant les informations requises.

Pour une longueur en essai et un diamètre donnés, le tracé de Weibull pour des essais de fatigue dynamique est associé à la fonction de probabilité cumulative suivante:

$$F_k = 1 - \exp [-(\sigma_f/\sigma_0)^{m_d}] \quad (4)$$

Soit $k(P) = P \cdot N + 0,5$ définissant un rang associé à une probabilité donnée P .

Si $k(P)$ est un nombre entier, soit $\sigma_f(P) = \sigma_{fk}(P)$ la contrainte à la rupture de $k(P)$ ème rang.

Si $k(P)$ n'est pas un entier, soit k_1 le nombre entier juste inférieur à $k(P)$ et $k_2 = k_1 + 1$.

Alors, soit $\sigma_f(P) = (\sigma_{fk1} \cdot \sigma_{fk2})^{1/2}$.

La contrainte à la rupture médiane est $\sigma_f(0,5)$. La pente de Weibull est:

$$m_d = \frac{2,457298}{\ln[\sigma_f(0,85)] - \ln[\sigma_f(0,15)]}$$

Le paramètre de Weibull est:

$$\sigma_0 = \exp \left[\frac{0,366512}{m_d} + \ln[\sigma_f(0,5)] \right]$$

Dessiner le tracé de Weibull pour chaque vitesse de déformation, et déterminer la contrainte à la rupture médiane $\sigma_f(0,5)$ pour chaque vitesse de déformation.

b) Calculate the cumulative probability of failure, F_k , for each break:

$$F_k = (k - 0,5)/N, \quad k = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

where N is the sample size.

c) Graph $\ln [-\ln (1 - F_k)]$ versus $\ln (\sigma_f)$ to form the Weibull plot.

NOTE Special Weibull graph paper is available for this.

d) Label the plot with the required information.

For a given gauge length and diameter, the dynamic fatigue Weibull plot is associated with the following cumulative probability function:

$$F_k = 1 - \exp [-(\sigma_f/\sigma_0)^{m_d}] \quad (4)$$

Let $k(P) = P \cdot N + 0,5$ define a rank associated with a given probability P .

If $k(P)$ is an integer, let $\sigma_f(P) = \sigma_{fk}(P)$ the fracture stress of the $k(P)$ th rank. If $k(P)$ is not an integer, let k_1 be the integer below $k(P)$ and $k_2 = k_1 + 1$.

Then, let $\sigma_f(P) = (\sigma_{fk1} \cdot \sigma_{fk2})^{1/2}$.

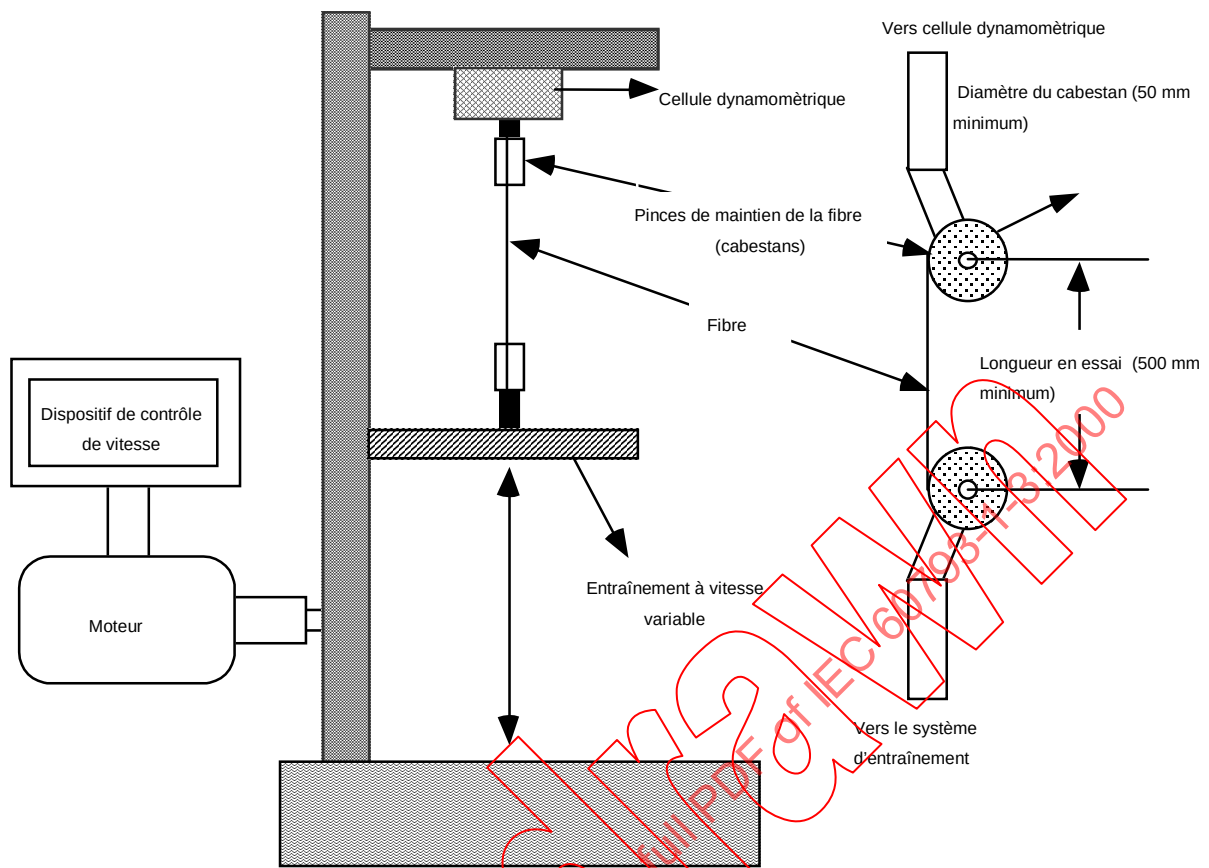
Median fracture stress is $\sigma_f(0,5)$. The Weibull slope is:

$$m_d = \frac{2,457298}{\ln[\sigma_f(0,85)] - \ln[\sigma_f(0,15)]}$$

The Weibull parameter is:

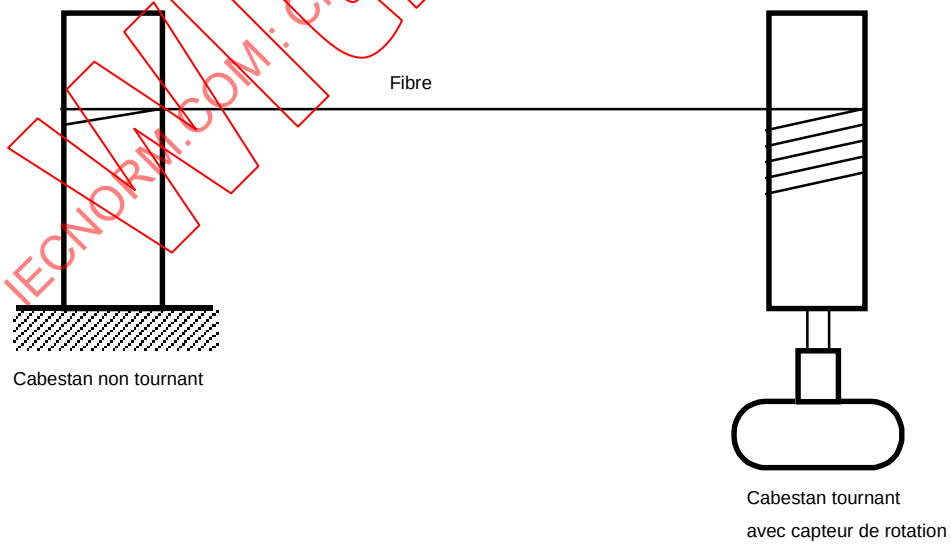
$$\sigma_0 = \exp \left[\frac{0,366512}{m_d} + \ln[\sigma_f(0,5)] \right]$$

Graph the Weibull plot for each stress rate, and determine the median fracture stress $\sigma_f(0,5)$ for each strain rate.



IEC 1921/99

Figure 6 – Schéma de l'appareil d'essai en translation



IEC 1922/99

Figure 7 – Schéma de l'appareil d'essai en rotation

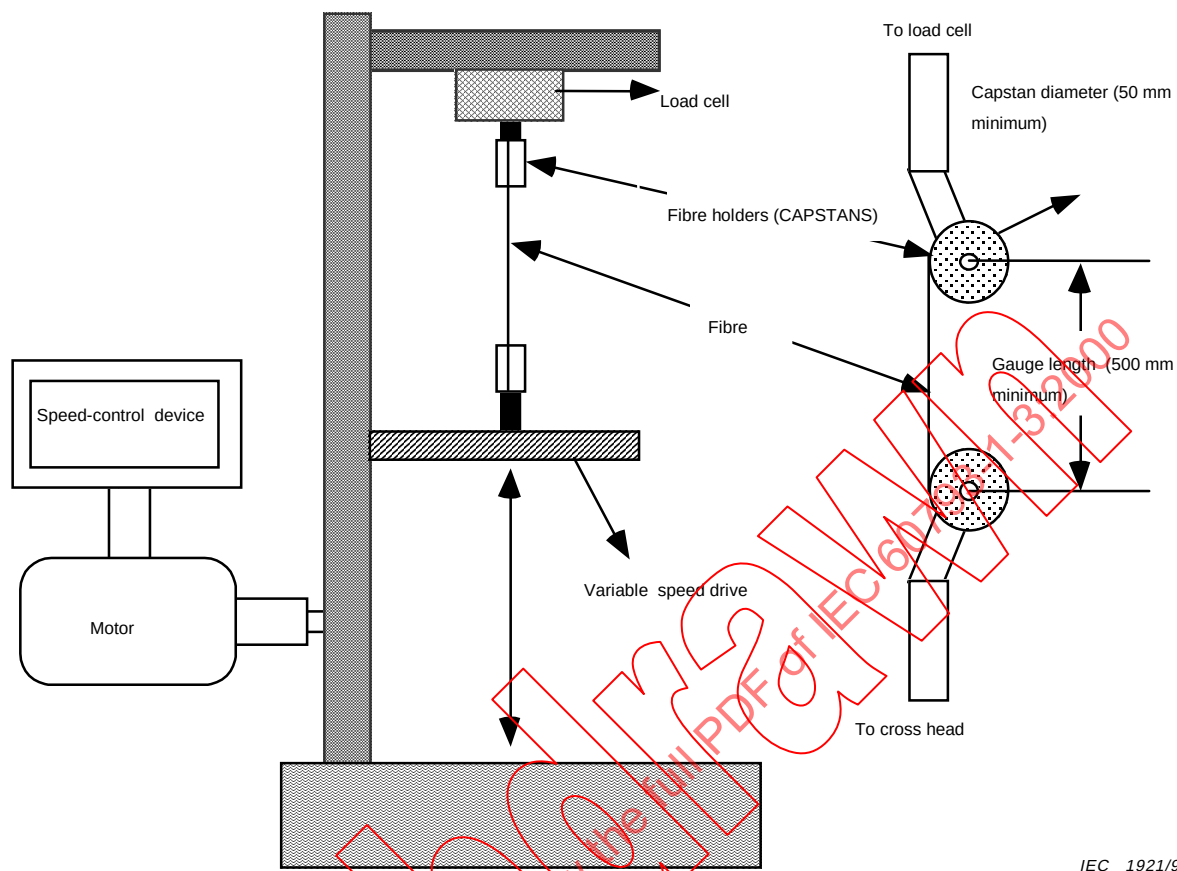


Figure 6 – Schematic of translation test apparatus

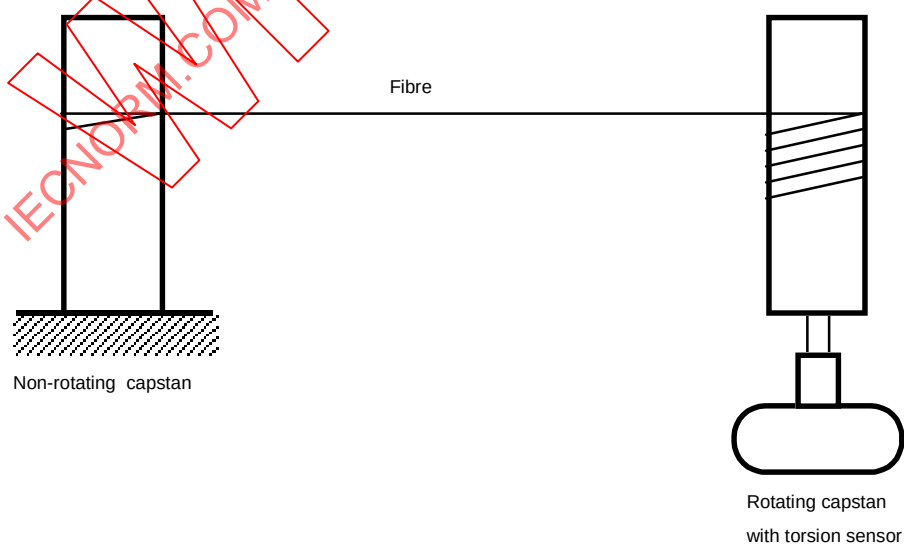


Figure 7 – Schematic of rotational test apparatus

9.5.3 Paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte (tension) dynamique n_d

La contrainte à la rupture médiane, telle que définie en 9.5.2, variera généralement en fonction de la vitesse de mise sous contrainte, selon la formule suivante:

$$\log \sigma_f \frac{\log \dot{\sigma}_a}{1 + n_d} + \text{intersection} \quad (5)$$

où intersection est le logarithme de la contrainte à la rupture pour une vitesse de mise en contrainte égale à l'unité tel qu'il est illustré à la figure 9.

Intersection peut être calculée à partir de la formule suivante:

$$\text{intersection} = \bar{Y} - (\text{pente}) \cdot \bar{X} \quad (6)$$

Sauf prescription contraire, utiliser l'algorithme fourni à l'article A.2 pour calculer $\bar{X}$, $\bar{Y}$, la valeur estimée de n_d , et l'intervalle de confiance à 95 % pour l'essai. Sauf prescription contraire, l'écart type sur l'estimation de la pente de la courbe $\log \sigma_f$ en fonction de $\dot{\sigma}_a$ doit être inférieur à 0,0017. Se reporter à l'article A.2 pour la détermination de l'écart type.

9.6 Résultats

9.6.1 Les renseignements suivants doivent être fournis.

- identification de la fibre;
- date de l'essai;
- paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte (tension) dynamique, n_d (d'autres paramètres sont à l'étude).

9.6.2 Les renseignements suivants doivent être disponibles sur demande:

- vitesse de déformation;
- taille de l'échantillon par vitesse;
- écart type de l'estimation;
- $\bar{X}$ et $\bar{Y}$;
- longueur en essai;
- environnement d'essai;
- temps de préconditionnement d'environnement;
- méthode de calcul de la contrainte à la rupture;
- module de Young de la fibre (s'il est pris en compte);
- module de Young du ou des revêtements (s'il est pris en compte);
- courbes de Weibull pour toutes les vitesses de déformation (si utilisées);
- méthode de calcul de la vitesse de mise sous contrainte, si elle est différente de celle en 9.2.5.

9.5.3 Dynamic (tension) stress corrosion susceptibility parameter n_d

The median fracture stress σ_f as defined in 9.5.2 will generally vary with constant stress rate,

$$\log \sigma_f \frac{\log \dot{\sigma}_a}{1 + n_d} + \text{intercept} \quad (5)$$

where intercept is the log of fracture stress at a stress rate of unity as shown in figure 9.

Intercept can be calculated from:

$$\text{intercept} = \bar{Y} - (\text{slope}) \cdot \bar{X} \quad (6)$$

Unless otherwise specified, use the algorithm in clause A.2 to calculate $\bar{X}$, $\bar{Y}$, the estimate of n_d , and the 95 % confidence interval for the test. Unless otherwise specified, the standard error of estimate (SEE) of slope $\log \sigma_f$ versus $\dot{\sigma}_a$ shall be less than 0.0017. Refer to clause A.2 to determine the SEE.

9.6 Results

9.6.1 The following data shall be reported:

- fibre identification;
- test date;
- dynamic (tension) stress corrosion susceptibility parameter n_d (other parameters under consideration).

9.6.2 The following data shall be available upon request:

- strain rates;
- sample size per strain rate;
- the standard error of estimate (SEE);
- $\bar{X}$ and $\bar{Y}$;
- gauge length;
- test environment;
- environmental preconditioning time;
- fracture stress calculation method;
- Young's modulus of fibre (if taken into account);
- Young's modulus of coating(s) (if taken into account);
- Weibull plots for all strain rates (if used);
- method of calculating the stress rate, if different from 9.2.5.

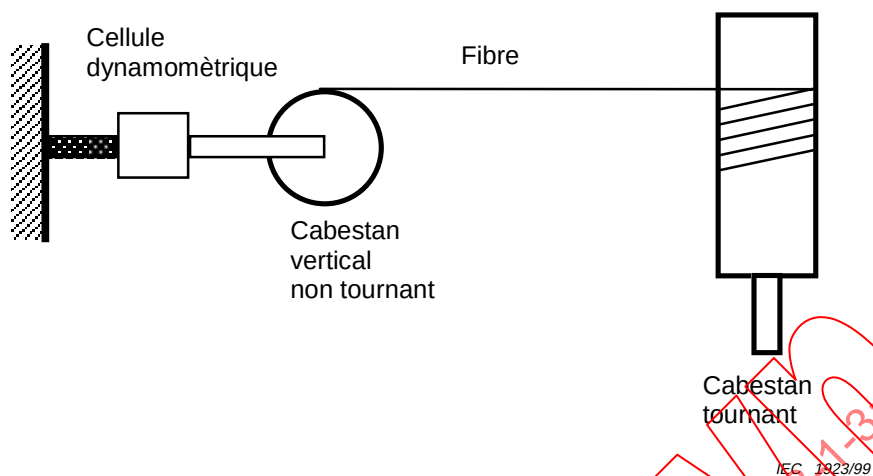


Figure 8 – Schéma de l'appareil d'essai en rotation

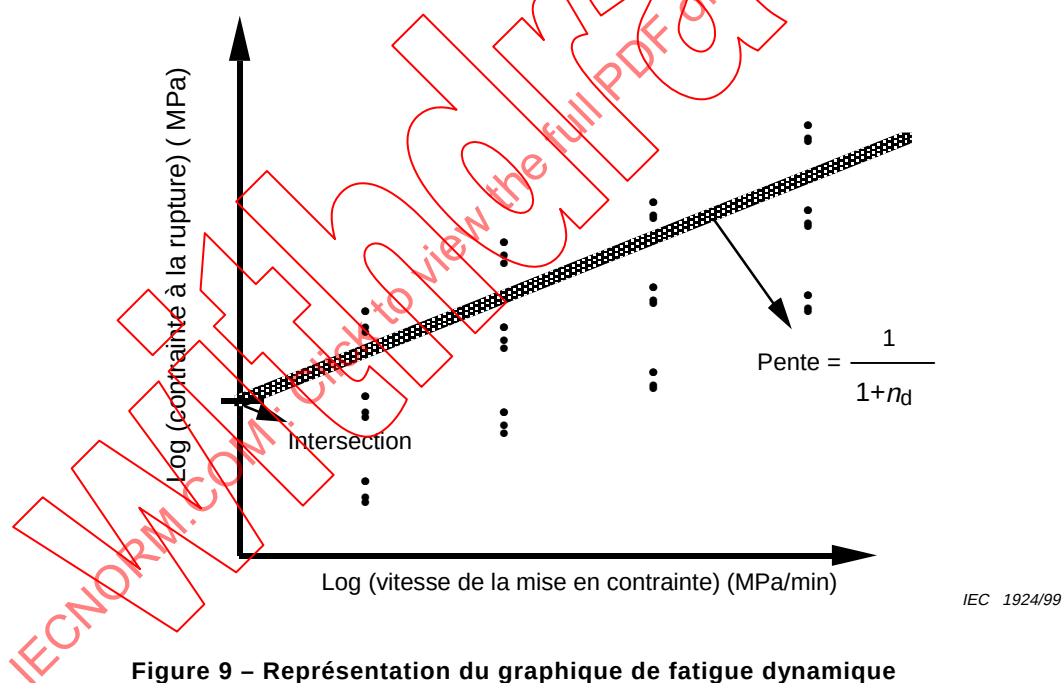


Figure 9 – Représentation du graphique de fatigue dynamique

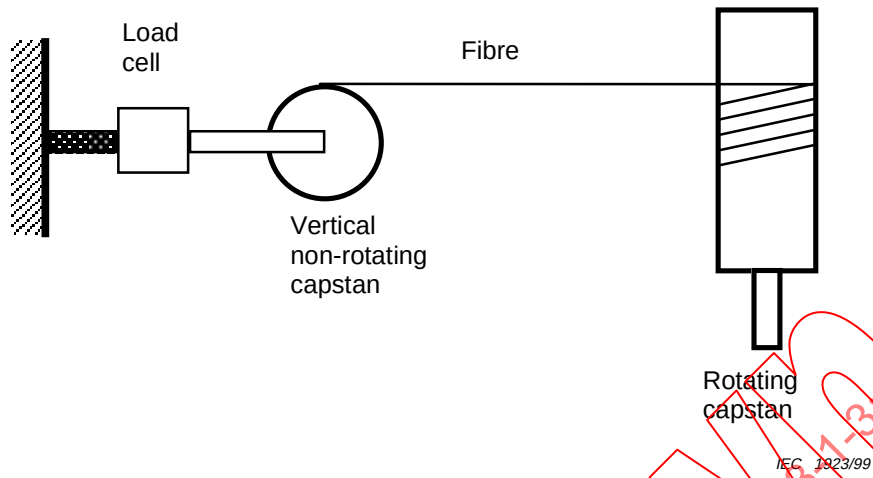


Figure 8 – Schematic of rotational test apparatus

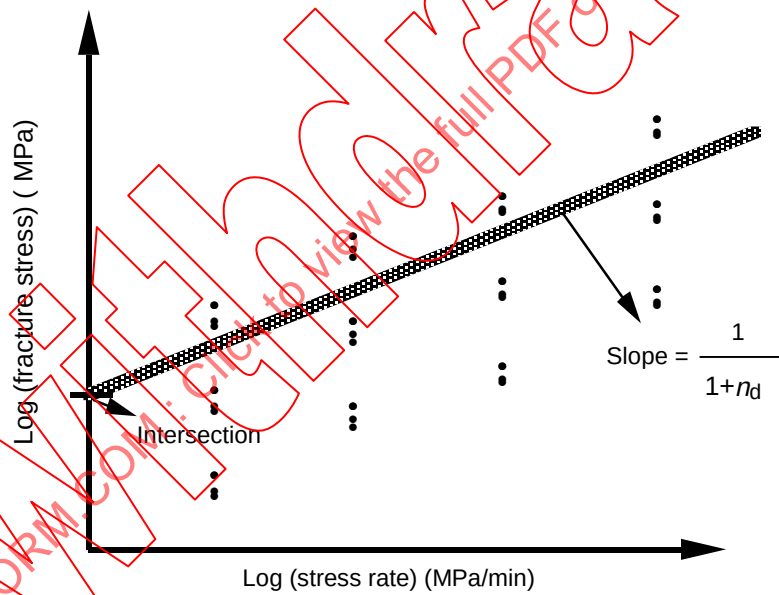


Figure 9 – Representation of dynamic fatigue graph

10 Méthode CEI 60793-1-B7B – Méthode de mesure du paramètre de fatigue dynamique des fibres optiques par flexion en deux points

10.1 Objet

La présente procédure fournit une méthode de mesure du paramètre de fatigue dynamique des fibres optiques par flexion en deux points avec des vitesses constantes de plateau. Un essai de flexion est utilisé de préférence à l'essai de tension pour les cas où les tensions subies par la fibre en service résultent d'une flexion. Cette méthode est destinée à évaluer la tenue en fatigue des fibres par variation de la vitesse du plateau. Cet essai est applicable aux fibres et aux vitesses du plateau pour lesquelles le tracé du logarithme de la contrainte à la rupture en fonction du logarithme de la vitesse du plateau est linéaire.

10.2 Appareillage

La figure 10 illustre le schéma d'un appareil d'essai possible. Cet équipement est conçu pour mesurer l'allongement / contrainte nécessaire pour rompre une fibre optique subissant une flexion en deux points par mesure de l'écartement des plateaux au moment de la rupture. Cette technique est facilement adaptable à divers environnements d'essai.

10.2.1 Commande du moteur pas à pas

Ce dispositif permet la commande motorisée, précise, fiable et reproductible de la table de déplacement linéaire. Une longueur maximale de pas de 1 μm doit être utilisée. Pour plus de précision, un pas de 0,1 μm pourrait être utilisé.

10.2.2 Plateau mobile entraîné par moteur pas à pas

Le plateau mobile convertit la rotation du moteur pas à pas en translation linéaire au moyen d'une vis mère.

10.2.3 Plateau fixe

Ce dispositif maintient la fibre contre le plateau mobile.

10.2.4 Vitesse du plateau

La fibre doit être placée entre deux plateaux qui sont amenés l'un contre l'autre par un moteur pas à pas commandé par ordinateur, à une vitesse du plateau constante et spécifiée ($V = \text{constante}$) jusqu'à rupture de la fibre. Sauf prescription contraire dans la spécification particulière, utiliser des vitesses de 1, 10, 100, 1 000 $\mu\text{m/s}$, chaque vitesse ayant une précision de $\pm 10\%$.

10.2.5 Système de détection de rupture de la fibre

Il est admis d'utiliser l'une des techniques suivantes pour détecter la rupture de la fibre:

10.2.5.1 Méthode 1

Un détecteur d'émission acoustique ou un transducteur doit être utilisé pour détecter la rupture de la fibre et doit signaler à l'ordinateur d'arrêter le plateau mobile; il affichera également l'écartement des plateaux au moment de la rupture.

10.2.5.2 Méthode 2

Un transducteur de force (pression) doit être incorporé au plateau fixe et relié à un équipement approprié de conditionnement de signaux pour mesurer la force exercée sur la fibre au cours de l'essai. Lorsqu'il y a rupture de la fibre, la force chute à zéro et permet ainsi de détecter la rupture.

10 Method IEC 60793-1-B7B – Method for measuring dynamic fatigue parameter of optical fibres by two-point bending

10.1 Object

This procedure provides a method for measuring the dynamic fatigue parameters of optical fibre in two-point bending at a constant platen velocity. A bending test is used in preference to tension for those cases in which stress on the fibre in service results from bending. This method is intended to test fatigue behaviour of fibres by varying the platen velocity. The test is applicable to fibres and platen velocities for which the logarithm of fracture stress versus the logarithm of platen velocity behaviour is linear.

10.2 Apparatus

A possible test apparatus is schematically shown in figure 10. This equipment is designed to measure the strain/stress required to break an optical fibre in a two-point bending geometry by measuring platen separation at fracture. This technique is readily amenable to various test environments.

10.2.1 Stepper motor control

This device allows accurate, reliable, repeatable motorized control of the linear table. A maximum step length of 1 μm shall be used. A step length of 0.1 μm could be used for higher accuracy.

10.2.2 Stepper-motor-driven moving platen

The moving platen converts the stepper motor rotation to linear translation by means of a lead screw.

10.2.3 Stationary platen

This device holds the fibre against the moving platen.

10.2.4 Platen velocity

The fibre shall be placed between two platens that are brought together by a computer controlled stepper motor at a specified constant platen velocity ($V = \text{constant}$) until the fibre breaks. Unless otherwise specified in the detail specification, use velocities 1, 10, 100, 1 000 $\mu\text{m/s}$, each accurate to $\pm 10\%$.

10.2.5 Fibre fracture detecting system

One of the following techniques may be used to detect fibre fracture:

10.2.5.1 Method 1

An acoustic emission detector or transducer shall be used to sense the fibre break and shall signal the computer to stop the moving platen, and will display the platen separation at the time of fracture.

10.2.5.2 Method 2

A force (pressure) transducer shall be incorporated into the stationary platen and connected to suitable signal conditioning equipment to measure force exerted on the fibre during the test. When the fibre breaks, the force drops to zero, providing a means of detecting the break.

10.2.5.3 Méthode 3

L'injection de lumière dans la fibre soumise à l'essai et la surveillance du signal de sortie doivent constituer une autre technique de détection de la rupture de la fibre. Lorsque la fibre se casse, la transmission est coupée.

Pour l'ensemble des techniques décrites ci-dessus, calculer l'écartement des plateaux au moment de la rupture d selon la formule suivante:

d = position de départ du plateau – déplacement du plateau.

10.3 Echantillon en essai

L'échantillon en essai est constitué d'une longueur de fibre optique revêtue, d'environ 30 mm à 120 mm. Le diamètre du verre doit être connu à $\pm 1 \mu\text{m}$ et le diamètre du revêtement doit être connu à $\pm 5 \mu\text{m}$. Sauf prescription contraire dans la spécification particulière, la taille de l'échantillon pour chaque vitesse doit être d'au moins 15.

10.4 Procédure

10.4.1 Un exemple de procédure d'étalonnage est fourni ci-après. Régler à zéro la distance entre plateaux lorsque les faces des plateaux se touchent totalement. Il convient que l'affichage du contrôleur du moteur pas à pas soit à zéro lorsque le contact est établi. Il est admis que la valeur de l'écartement des plateaux d au moment de la rupture de la fibre soit vérifiée en mesurant la distance au moyen d'une cale étalon. Il convient que la position zéro soit reproductible à $\pm 5 \mu\text{m}$.

NOTE Il convient de nettoyer soigneusement les surfaces des plateaux avant de les amener en contact.

10.4.2 Sauf prescription contraire dans la spécification particulière, régler l'écartement initial entre plateaux à 12,00 mm, en incluant les profondeurs des cannelures.

10.4.3 Avant de soumettre à l'essai une population de fibres, pour une vitesse de plateau donnée, rompre une fibre identique du même groupe afin de déterminer la séparation des plateaux au moment de la rupture de la fibre. Cette séparation d des plateaux est utilisée pour calculer la tension de rupture (équations 7, 8 et 9 en 10.5.1). Une séparation initiale des plateaux (au départ), peut être déterminée à partir des équations 7, 8, 9 et 10 en utilisant une valeur de tension égale à 50 % de la tension de rupture. Cela permet de réduire la durée de l'essai et également d'obtenir des vitesses de plateau les plus élevées, étant donné que la vitesse maximale du moteur pas à pas peut limiter les vitesses maximales réalisables de déplacement du plateau.

Il est aussi possible de réduire la durée de l'essai en utilisant une vitesse de plateau plus rapide associée à une charge réduite. Par exemple, si une vitesse de plateau de 1 $\mu\text{m/s}$ est prescrite, soumettre à l'essai quelques éprouvettes à la vitesse supérieure suivante (10 $\mu\text{m/s}$) pour établir une plage de contraintes à la rupture. Précharger ensuite à un niveau égal ou inférieur à 80 % de la contrainte à la rupture la plus faible enregistrée pour les éprouvettes testées à la vitesse juste supérieure dans l'essai initial.

10.4.4 Tenir avec précaution les deux extrémités de l'éprouvette en essai, la courber avec précaution et l'insérer entre les plateaux, puis tirer l'éprouvette vers le haut pour la positionner comme illustré à la figure 11. Ne pas toucher la partie de la fibre en courbure (longueur entre repères) avec le doigt pendant la manipulation ou la mise en place des fibres. Il convient que le sommet de la fibre soit toujours à la même position dans l'appareillage. Cela réduit l'effet du non-parallélisme des plateaux. L'orientation de la fibre, vers le bas ou vers le haut, est sans importance.

10.4.5 Après rupture de l'éprouvette, freiner le moteur pas à pas pour l'amener à l'arrêt et enregistrer l'écartement des plateaux à la rupture.

10.2.5.3 Method 3

Launching light through a fibre during the test, and monitoring the output signal shall be another technique for detecting fibre fracture. When the fibre breaks, the transmission is lost.

With all of the techniques above calculate the platen separation at fracture d as:

$$d = \text{platen starting position} - \text{platen travel}.$$

10.3 Test sample

The test sample is a length of coated optical fibre approximately 30 mm to 120 mm long. The glass diameter shall be known to $\pm 1 \mu\text{m}$ and coating diameter shall be known to $\pm 5 \mu\text{m}$. Unless otherwise specified in the detail specification, the sample size for each velocity shall be at least 15.

10.4 Procedure

- 10.4.1** The following is one example of a calibration procedure. Set the distance between the platen to zero when the faces of the platen are completely touching. When contact is made, the readout on the stepper motor controller should be zero. The platen separation value d when the fibre breaks may be verified by checking the distance with a gauge block. The zero position should be repeatable to $\pm 5 \mu\text{m}$.

NOTE The surfaces of the platen should be carefully cleaned before they are run together for touching.

- 10.4.2** Unless otherwise specified in the detail specification, set the initial fibre platen opening gap to 12,00 mm, including groove depths.

- 10.4.3** Before a population of fibres for a given platen velocity is tested, break an identical fibre from the same group to determine the platen separation at fibre fracture. This platen separation d is used to calculate the breaking stress (equations 7, 8 and 9 of 10.5.1). An initial (starting) platen separation can be determined from equations 7, 8, 9 and 10 using a value of stress equal to 50 % of the breaking stress. This will allow the duration of the test to be reduced and the highest platen velocities to be achieved, since the maximum stepper motor speed may limit the maximum obtainable platen velocities.

It is possible to minimize test duration by using a faster platen velocity in conjunction with a reduced load. For example, if a platen velocity of $1 \mu\text{m/s}$ is specified, test some specimens at the next fastest rate ($10 \mu\text{m/s}$) to establish a range of fracture stresses. Then preload to a level equal to or less than 80 % of the lowest fracture stress found for the initial trial specimens at the next fastest rate.

- 10.4.4** Carefully grasp both ends of the test specimen, bend it carefully, and insert it between the platen, then pull it upwards to position it as shown in figure 11. Do not touch the bent fibre (gauge length) with fingers when handling or loading fibres. The apex of the fibre should always be at the same position in the fixture. This minimizes the effect of a non-parallel platen. Fibre orientation, whether up or down, does not matter.
- 10.4.5** After the specimen has broken, brake the stepper-motor to a stop and record the platen separation at the break.

10.4.6 Recommencer les étapes 10.4.1 à 10.4.5 pour chaque échantillon de fibres pour la vitesse de charge prescrite et pour tous les échantillons aux autres vitesses de charge prescrites.

10.4.7 Calculer la contrainte à la rupture de la fibre σ_f pour chaque rupture. Utiliser les équations en 10.5.1.

10.4.8 Calculer l'ensemble des paramètres statistiques prescrit. Utiliser les équations de 10.5.2.

10.5 Calculs

10.5.1 Contrainte à la rupture

Calculer la contrainte à la rupture de chaque fibre par:

$$\sigma_f = E_0 \cdot \varepsilon_f (1 + 0,5 \cdot \alpha' \cdot \varepsilon_f) \quad (7)$$

$$\varepsilon_f = 1,198 \frac{d_f}{d - d_c + 2d_g} \quad (8)$$

$$\alpha' = 0,75 \cdot \alpha - 0,25 \quad (9)$$

où

σ_f est la contrainte à la rupture (GPa);

E_0 est le module de Young (72 GPa);

ε_f est la déformation à la rupture au sommet de la fibre;

α est le paramètre de correction pour tenir compte de la non-linéarité entre contrainte et allongement (la valeur typique pour α est 6);

d_f est le diamètre de la fibre de verre (μm);

d est la distance entre plateaux au moment de la rupture de la fibre (μm);

d_c est le diamètre total de la fibre y compris tout revêtement (μm);

$2d_g$ est la profondeur totale des deux cannelures (μm) (voir figure 11).

10.5.2 Contrainte à la rupture pour une vitesse de plateau donnée

Voir 9.5.2.

10.5.3 Paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte dynamique (flexion en deux points) n_d

La contrainte à la rupture médiane σ_f variera généralement en fonction de la vitesse constante du plateau V selon la formule suivante:

$$\text{Log} \sigma_f = \frac{1}{n_d - 1} \times \log \frac{V}{r} + \text{intersection} \quad (10)$$

où

r est le rayon de la fibre de verre;

intersection est le logarithme de la contrainte à la rupture pour une vitesse constante égale à l'unité du plateau comme illustré à la figure 12.

10.4.6 Repeat steps 10.4.1 to 10.4.5 for each fibre sample at the specified load rate, and for all samples at the other specified load rates.

10.4.7 Calculate the fibre fracture stress σ_f for each break. Use the equations of 10.5.1.

10.4.8 Complete the required population statistic calculations. Use the equations of 10.5.2.

10.5 Calculations

10.5.1 Fracture stress

Calculate the fracture stress of each fibre by:

$$\sigma_f = E_0 \cdot \varepsilon_f (1 + 0,5 \cdot \alpha' \cdot \varepsilon_f) \quad (7)$$

$$\varepsilon_f = 1,198 \frac{d_f}{d - d_c + 2d_g} \quad (8)$$

$$\alpha' = 0,75 \cdot \alpha - 0,25 \quad (9)$$

where

σ_f is the fracture stress (GPa);

E_0 is the Young's modulus (72 GPa);

ε_f is the fracture strain at the apex of fibre;

α is the correction parameter for non-linear stress/strain behaviour (typical value for α is 6);

d_f is the glass fibre diameter (μm);

d is the distance between platen at fibre fracture (μm);

d_c is the overall fibre diameter including any coating (μm);

$2d_g$ is the total depth of both grooves (μm) (see figure 11).

10.5.2 Fracture stress at a given platen velocity

See 9.5.2.

10.5.3 Dynamic (two-point bending) stress corrosion susceptibility parameter n_d

The median fracture stress σ_f will generally vary with constant platen velocity V according to:

$$\text{Log} \sigma_f = \frac{1}{n_d - 1} \times \log \frac{V}{r} + \text{intercept} \quad (10)$$

where

r is the radius of glass fibre;

intercept is the logarithm of fracture stress at a constant platen velocity of unity as shown in figure 12.

L'intersection peut être calculée à partir de la formule suivante:

$$\text{intersection} = \bar{Y} - (\text{pente}) \cdot \bar{X} \quad (11)$$

Sauf prescription contraire, utiliser l'algorithme de l'article A.2 pour calculer $\bar{X}$, $\bar{Y}$, la valeur estimée de n_d et l'intervalle de confiance de 95 % pour l'essai. Sauf prescription contraire, l'écart type sur l'estimation de la pente de la courbe $\log \sigma_f$ en fonction de $\log V$ doit être inférieure à 0,0017. Se reporter à l'article A.2 pour déterminer la valeur de cet écart type.

10.6 Résultats

10.6.1 Les renseignements suivants doivent être fournis:

- identification de la fibre;
- date d'essai;
- paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte dynamique (flexion en deux points) n_d (d'autres paramètres sont à l'étude).

10.6.2 Les renseignements suivants doivent être disponibles sur demande:

- vitesses du plateau;
- taille de l'échantillonnage pour chaque vitesse de plateau;
- écart type sur l'estimation;
- environnement d'essai;
- temps de préconditionnement d'environnement;
- module de Young de la fibre de verre (si l'on suppose qu'il est différent de celui fourni à l'article A.3);
- paramètres d'ajustement, m_d , contrainte à la rupture médiane et σ_0 ;
- courbes de Weibull pour toutes les vitesses de plateau;
- $\bar{X}$ et $\bar{Y}$;
- diamètre de la fibre (verre).

Intercept can be calculated from:

$$\text{intercept} = \bar{Y} - (\text{slope}) \cdot \bar{X} \quad (11)$$

Unless otherwise specified, use the algorithm in clause A.2 to calculate $\bar{X}$, $\bar{Y}$, the estimate of n_d , and the 95 % confidence interval for the test. Unless otherwise specified, the standard error of estimate (SEE) of slope $\log \sigma_f$ versus $\log V$ shall be less than 0,0017. Refer to clause A.2 to determine the SEE.

10.6 Results

10.6.1 The following data shall be reported:

- fibre identification;
- test date;
- dynamic (two-point bending) stress corrosion susceptibility parameter, n_d (other parameters are under consideration).

10.6.2 The following data shall be available upon request:

- platen velocities;
- sample size for each platen velocity;
- the standard error of estimate (SEE);
- test environment;
- environmental preconditioning time;
- Young's modulus of glass fibre (if assumed other than what is given in clause A.3);
- fit parameters, m_d , median fracture stress and σ_0 ;
- Weibull plots for all platen velocities;
- $\bar{X}$ and $\bar{Y}$;
- fibre (glass) diameter.

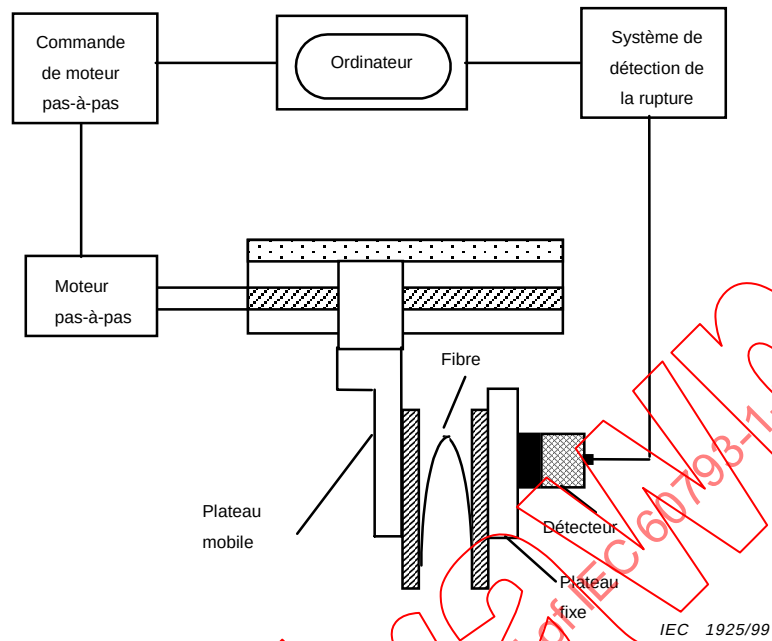


Figure 10 – Schéma de l'appareil de flexion en deux points

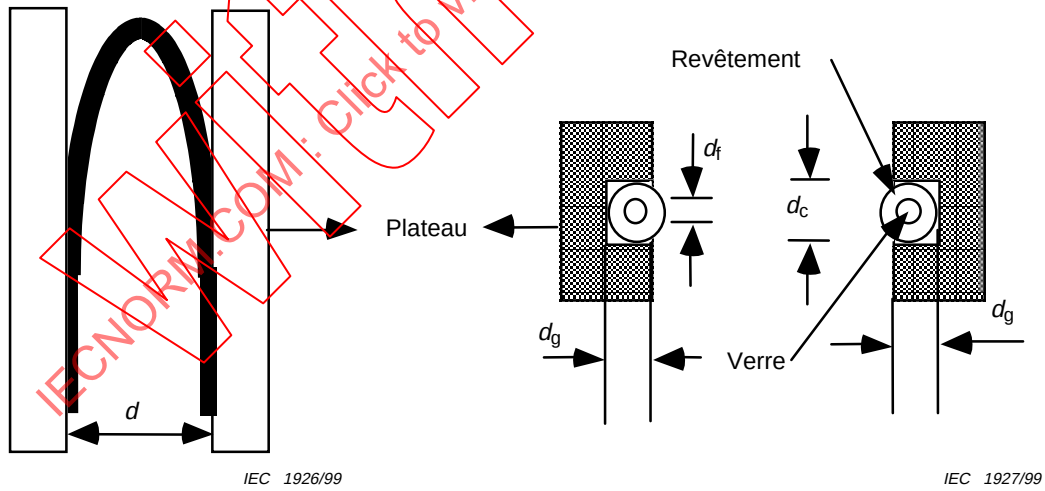


Figure 11a – Plan

Figure 11b – Section

Figure 11 – Schéma des plateaux

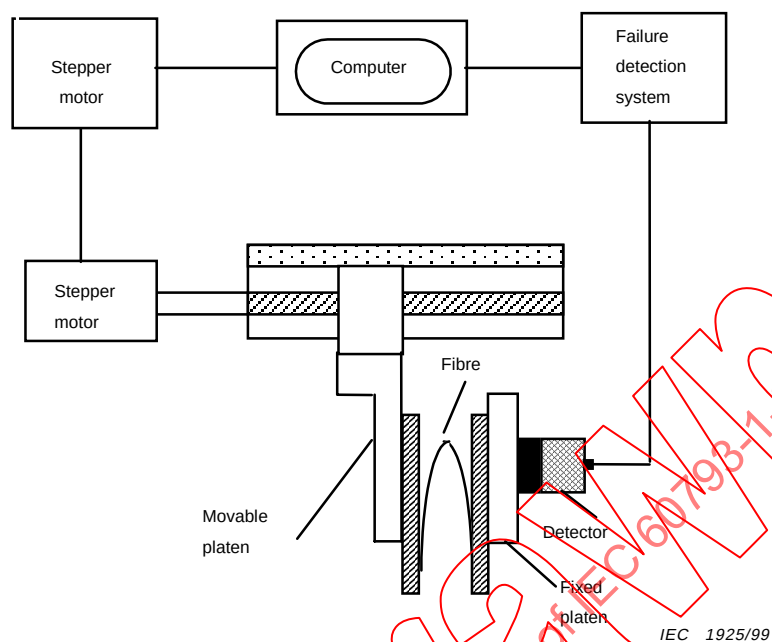


Figure 10 – Schematic of two-point bending unit

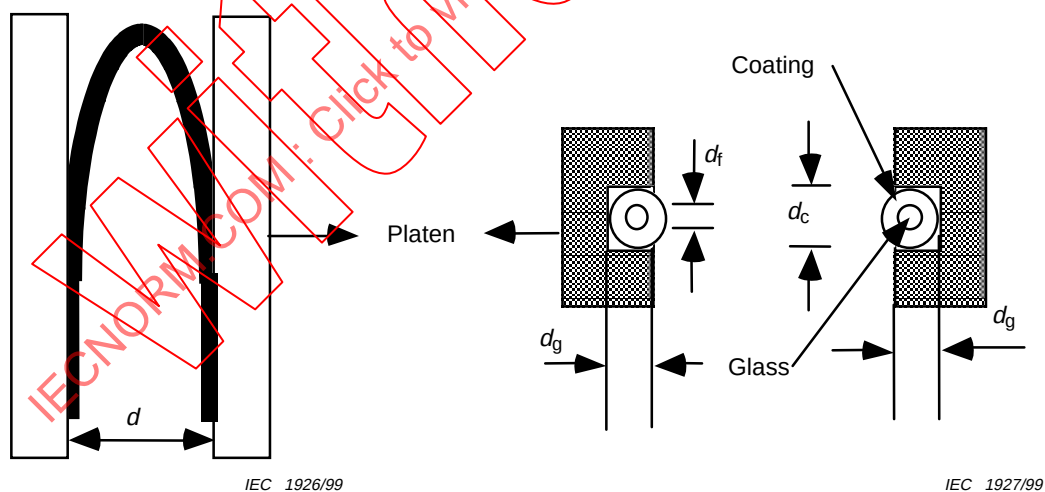


Figure 11a – Plan

Figure 11b – Section

Figure 11 – Schematic of surface platen

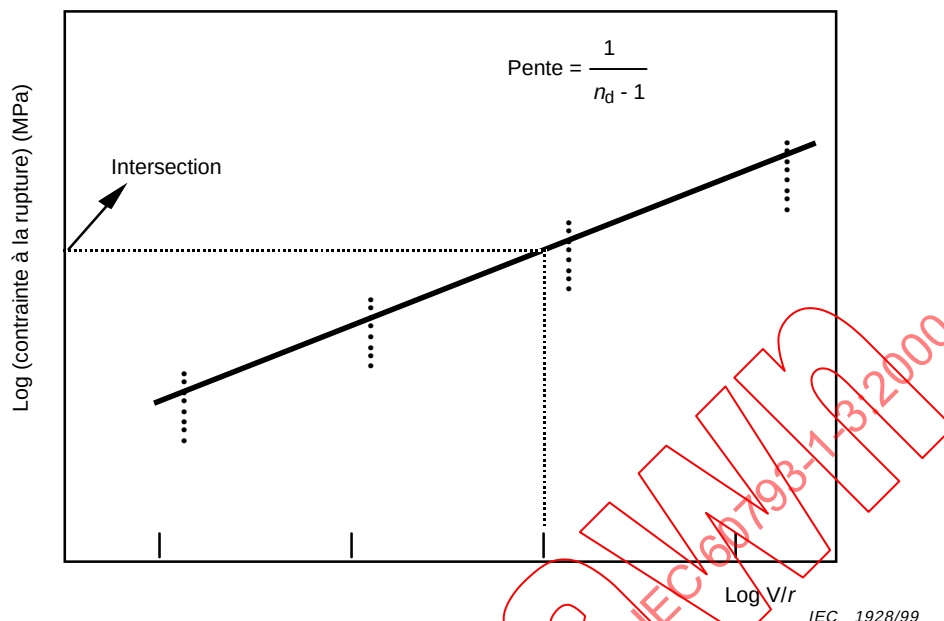


Figure 12 – Représentation graphique des données de fatigue dynamique

11 Méthode CEI 60793-1-B7C – Méthode de mesure du paramètre de fatigue statique des fibres optiques par tension axiale

11.1 Objet

Cette méthode permet de déterminer le paramètre de fatigue statique de longueurs individuelles de fibre optique sous tension. Cette méthode est destinée à vérifier la tenue des fibres en fatigue statique par variation des niveaux de tension appliqués.

11.2 Appareillage

Des équipements d'essai possibles sont illustrés schématiquement à la figure 13. Chaque dispositif d'essai comprend un moyen d'application de la tension sur une fibre et de surveillance du temps de rupture. Sauf prescription contraire dans la spécification particulière, la longueur d'essai, c'est-à-dire la distance entre les cabestans, doit être de 500 mm.

11.2.1 Fixation de la fibre aux deux extrémités

Voir 9.2.1.

11.2.2 Mise en tension de la fibre

La tension est appliquée sur la fibre en suspendant un poids de valeur connue à un cabestan (voir figure 13). Plusieurs éprouvettes sont testées à un niveau de tension nominale donné. La plage des niveaux réels de tension pour un niveau de tension nominale donné peut influencer la qualité de la mesure. Pour la méthode de calcul dite de la médiane simple, la plage des niveaux de tension pour une valeur nominale donnée doit être à $\pm 0,5$ % de la valeur nominale. Pour la méthode dite homologue et la méthode dite d'estimation de la probabilité maximale, les niveaux de tension individuels pour chaque éprouvette doivent être notés pour utilisation lors du calcul. Se reporter à 11.5.2.

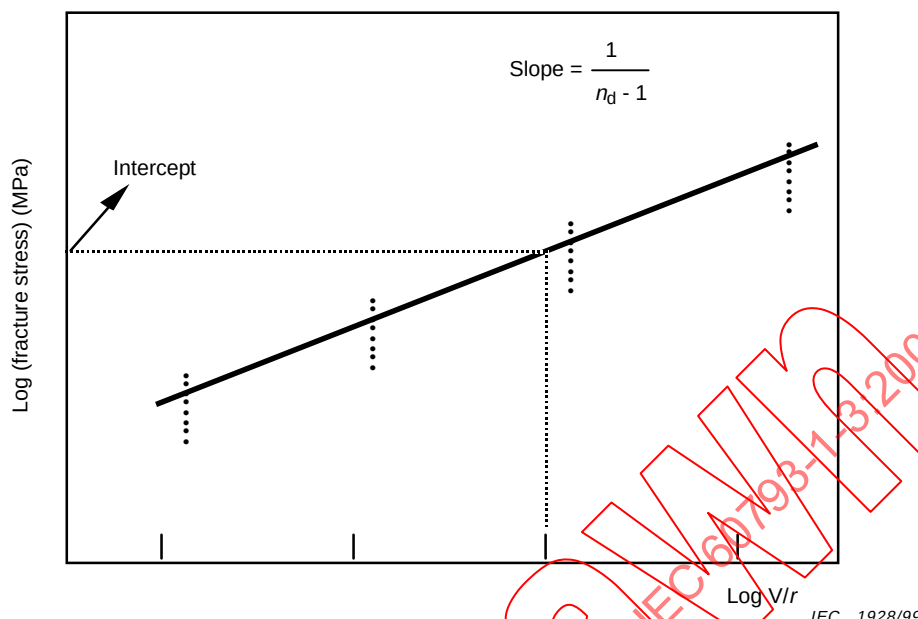


Figure 12 – Dynamic fatigue data schematic

11 Method IEC 60793-1-B7C – Method for measuring static fatigue parameters of optical fibres by axial tension

11.1 Object

This method is designed for determining the static fatigue parameters of individual optical fibre lengths under tension. This method is intended to test static fatigue behaviour of fibres by varying the applied stress levels.

11.2 Apparatus

Possible arrangements of test equipment are schematically shown in figure 13. Each consists of a means of applying stress to a fibre and monitoring time to fracture. Unless otherwise specified in the detail specification, the gauge length, i.e. the distance between the capstans, shall be 500 mm.

11.2.1 Gripping the fibre at both ends

See 9.2.1.

11.2.2 Stressing the fibre

The stress is applied on the fibre by hanging a known weight on one capstan (see figure 13). Several specimens are tested at a given nominal stress level. The range of actual stress levels for a given nominal level can influence the quality of the measurement. For the simple median computation method, the range of stress levels for a given nominal shall be within $\pm 0,5$ % of the nominal. For the homologous method and the maximum likelihood estimate (MLE) method, the individual stress levels for each specimen shall be recorded for use in the computation. See 11.5.2.

11.2.3 Mesure du temps à la rupture

Plusieurs techniques permettant de mesurer le temps à la rupture peuvent satisfaire aux prescriptions de cette méthode d'essai. Une manière d'enregistrer le temps au moment de la rupture est de placer des chronomètres sous les poids suspendus utilisés pour appliquer la tension à la fibre.

11.3 Echantillon en essai – Taille de l'échantillonnage pour chaque niveau de tension nominale

Sauf prescription contraire dans les spécifications particulières, la taille de l'échantillonnage pour chaque niveau de tension nominale doit être d'au moins 15.

11.4 Procédure

Au minimum cinq niveaux de tension nominale différents σ_a doivent être utilisés pour l'essai. Les tensions nominales doivent être choisies de façon que les temps médians à la rupture s'échelonnent d'environ 1 h à environ 30 jours avec un espacement approximativement égal sur une échelle logarithmique. Les charges nécessaires pour y parvenir et pour des fibres standard en silice s'échelonnent de 30 N à 50 N.

Etant donné que le temps à la rupture dépend à la fois de la contrainte à la rupture de la fibre et du paramètre de fatigue, les niveaux de tension nominale réellement appliqués ainsi que leur nombre peuvent être déterminés de manière itérative. Il est également admis d'utiliser une large gamme de niveaux au début d'une mesure. Les essais pour lesquels la rupture a lieu trop tôt ou trop tard peuvent être rejetés.

Une fois terminé le préconditionnement, mettre en place les fibres dans le dispositif de tension. Surveiller et enregistrer le temps à la rupture pour chaque rupture de fibre. Au cours de l'essai d'un jeu d'échantillons pour un niveau donné de tension nominale, dès que la moitié des éprouvettes s'est rompue, l'essai peut être arrêté prématurément. En d'autres termes, s'il y a eu rupture de plus de la moitié des échantillons, le calcul peut être effectué et un temps médian à la rupture peut être déterminé avant rupture des échantillons restants. L'écart type sur l'estimation doit être calculé et indiqué pour chaque mesure. Sauf prescription contraire dans la spécification particulière, l'écart type sur l'estimation doit être inférieur à 1.

11.5 Calculs

11.5.1 Contrainte à la rupture

Voir 9.5.1.

11.5.2 Paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte statique (tension), n_s

Sauf prescription contraire, la méthode suivante doit être utilisée pour déterminer n_s . En remplacement, d'autres méthodes, par exemple la méthode dite homologue ou la méthode d'estimation de la probabilité maximale peuvent être utilisées pour déterminer n_s (voir article A.4).

11.5.2.1 Méthode de la simple médiane

Cette méthode n'exige pas la linéarité de la courbe de Weibull. Toutes les données n'étant pas utilisées, elle peut conduire à un écart type sur l'estimation plus important que d'autres. Pour chaque niveau de tension nominale, σ_i , le temps médian à la rupture, t_i , est déterminé. Ajuster les données à une droite de régression en minimisant la somme des carrés des erreurs:

$$-n_s \ln(\sigma_i) + \text{intersection} = \ln(t_i) \quad (12)$$

11.2.3 Measuring time to fracture

There are many techniques to monitor time to fracture which can meet the requirements of this test method. One way to monitor the time to fracture is to set up timers underneath the hanging weights used to apply the stress on the fibre.

11.3 Test sample – Sample size for each nominal stress level

Unless otherwise specified in the detail specifications, the sample size for each nominal stress level shall be at least 15.

11.4 Procedure

A minimum of five different nominal applied stress levels σ_a shall be tested. The nominal stresses shall be chosen such that the median times to fracture range from about 1 h to about 30 days in roughly equal distance on the logarithmic scale. The loads necessary to achieve this for standard silica fibres are in the range of 30 N to 50 N.

Since the time to fracture is dependent on both the fracture stress of the fibre and the fatigue parameter, the actual nominal stress levels applied and the number that are applied can be determined iteratively. Alternatively, a broad range of levels may be applied at the beginning of a measurement. Data from test sets that break too soon or take too long to break may be discarded.

Upon completion of preconditioning, load the fibres into the unit. Monitor and record the time to fracture for each fibre fracture. Testing a sample set, for a given nominal stress level, as soon as the median specimen has broken, the test may be terminated early. That is, if more than half of the samples have broken, the computation can be done and a median time to fracture determined before all the remaining samples fail. The standard error of the estimate (SEE) shall be computed and reported for each measurement. Unless otherwise specified in the detail specification, the standard error of the estimate (SEE) shall be less than 1.

11.5 Calculations

11.5.1 Fracture stress

See 9.5.1

11.5.2 Static (tension) stress corrosion susceptibility parameter n_s

Unless otherwise specified the following method shall be used to determine n_s . Alternatively, other methods, for example homologous or maximum likelihood estimate (MLE) can be used to determine n_s (see clause A.4).

11.5.2.1 Simple median

This method does not require an assumption of linearity of the Weibull slope. Since all the data are not used, it can produce a larger standard error of the estimate (SEE) than others. For each nominal stress level σ_i , the median time to fracture t_i is determined. Fit the data to the following linear regression model by minimizing the sum of squared errors:

$$-n_s \ln(\sigma_i) + \text{intercept} = \ln(t_i) \quad (12)$$

L'écart type sur l'estimation de n_s est fourni par la plupart des logiciels de statistique. La valeur médiane de $\ln(\sigma_i)$ et la valeur médiane de $\ln(t_i)$ sont également fournies. La valeur d'intersection dans l'équation ci-dessus est la suivante:

$$\text{intersection} = \text{valeur médiane} [\ln(t_i)] + n_s \text{ valeur médiane} [\ln(\sigma_i)] \quad (13)$$

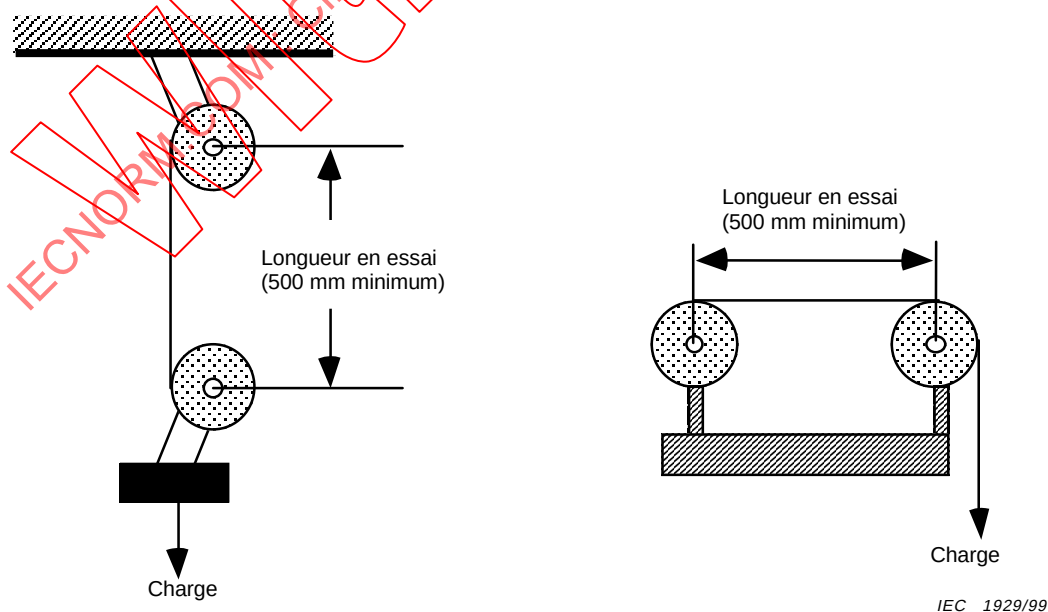
11.6 Résultats

11.6.1 Les renseignements suivants doivent être fournis:

- identification de la fibre;
- date d'essai;
- paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte statique (tension), n_s (d'autres paramètres sont à l'étude).

11.6.2 Les renseignements suivants doivent être disponibles sur demande:

- diamètre de la fibre;
- diamètre du revêtement (s'il est pris en compte);
- environnement d'essai;
- longueur en essai;
- taille de l'échantillon initial pour chaque niveau de tension nominale et nombre de niveaux de tension nominale;
- temps de préconditionnement d'environnement le cas échéant;
- méthode de calcul de n_s ;
- les médianes de $\ln(t_i)$ et de $\ln(\sigma_a)$;
- méthode de calcul de la contrainte à la rupture. Si la méthode de l'article A.3 est utilisée, les modules de Young du revêtement et du verre doivent être indiqués;
- niveaux de contrainte nominale.



IEC 1929/99

Figure 13 – Schéma des appareils d'essai de fatigue statique (tension) possibles

The standard error of the estimate (SEE) for n_s is reported by most statistical packages. The median of $\ln(\sigma_i)$ and the median of the $\ln(t_i)$ are also reported. The value of intercept in the above equation is:

$$\text{intercept} = \text{median} [\ln(t_i)] + n_s \text{ median} [\ln(\sigma_i)] \quad (13)$$

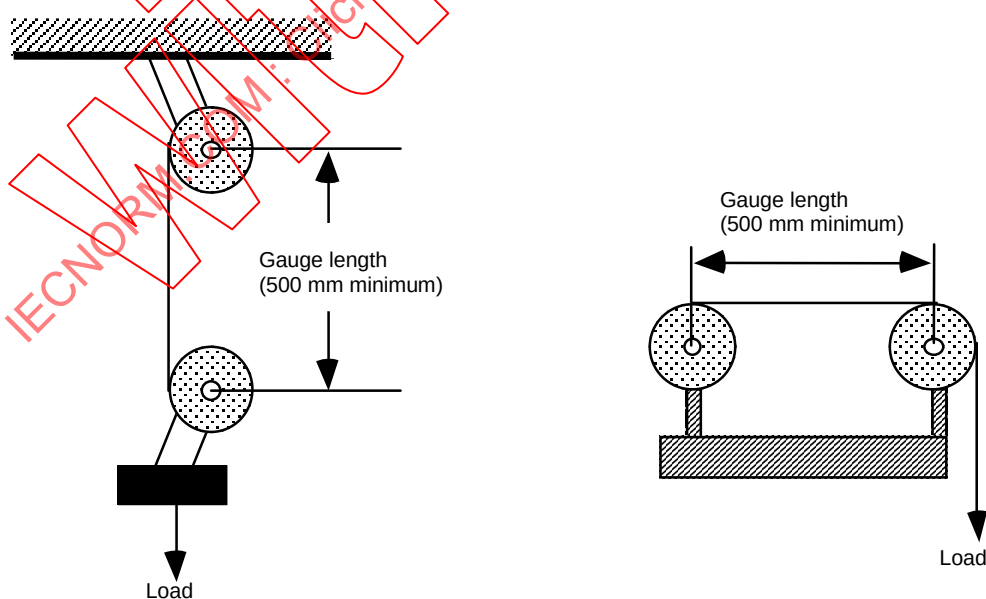
11.6 Results

11.6.1 The following data shall be reported:

- fibre identification;
- test date;
- static (tension) stress corrosion susceptibility parameter n_s (other parameters are under consideration).

11.6.2 The following data shall be available upon request:

- fibre diameter;
- coating diameter (if it is taken into account);
- test environment;
- gauge length;
- initial sample size for each nominal stress level and the number of nominal stress levels;
- environmental preconditioning time where applicable;
- method of computation of n_s ;
- the medians of $\ln(t_i)$ and $\ln(\sigma_a)$;
- fracture stress calculation method. If the method of clause A.3 is used, Young's modulus of the coating and the glass shall be reported;
- nominal stress levels.



IEC 1929/99

Figure 13 – Schematic of possible static fatigue (tension) apparatus

12 Méthode CEI 60793-1-B7D – Méthode de mesure du paramètre de fatigue statique des fibres optiques par flexion en deux points

12.1 Objet

Cette procédure décrit une méthode pour déterminer le paramètre de fatigue statique des fibres optiques par flexion en deux points. Un essai de flexion est utilisé de préférence à un essai de tension pour les cas où les contraintes sur la fibre, en cours de service, résultent d'une flexion.

12.2 Appareillage

12.2.1 La figure 14 illustre de manière schématique un équipement d'essai possible. Les plateaux parallèles, cannelés ainsi que les entretoises doivent être réalisés dans des matériaux thermiquement stables (par exemple, l'acier inoxydable). (Les entretoises sont utilisées pour créer l'espace requis entre plateaux). Il est admis d'utiliser des tubes de verre alésés de précision ou des plaques de métal comportant deux trous alésés avec précision en lieu et place des plateaux parallèles illustrés à la figure 14. Dans ces cas, les parois des tubes (ou des trous alésés) ont la même fonction que les plateaux parallèles.

12.2.2 Un capteur acoustique ainsi qu'un contrôleur approprié de la tension de sortie peuvent être utilisés pour détecter la rupture de la fibre. D'autres méthodes de détection des ruptures, telles que l'injection de lumière dans la fibre optique, peuvent également être utilisées. L'équipement de détection doit être capable d'enregistrer le temps au moment de la rupture avec une précision égale ou supérieure à 1 % du temps écoulé.

12.3 Echantillon en essai

L'échantillon en essai est une longueur de fibre optique revêtue d'environ 30 mm à 120 mm. Le diamètre du verre doit être connu à $\pm 1 \mu\text{m}$ et le diamètre du revêtement doit être connu à $\pm 5 \mu\text{m}$. Sauf prescription contraire dans la spécification particulière, la taille de l'échantillon pour chaque niveau de contrainte nominale doit être d'au moins 15.

12.4 Procédure

Au moins cinq niveaux différents de contrainte nominale doivent être utilisés pour l'essai. Les contraintes nominales doivent être choisies de façon que les temps médians à la rupture s'échelonnent d'environ 1 h à environ 30 jours.

Monter l'appareil de flexion en deux points en utilisant des entretoises de hauteur appropriée pour obtenir la contrainte maximale désirée au sommet de la fibre courbée. Pour calculer la hauteur des entretoises qui donnera la valeur désirée des contraintes appliquées, utiliser les équations (7), (8) et (9). Si des tubes alésés de précision ou des plaques de métal alésées avec précision sont utilisés, la valeur d_0 dans l'équation (8) est égale à zéro (0). Après pré-conditionnement, positionner les fibres dans l'appareil. Noter les temps à la rupture pour chaque rupture, au moyen d'un détecteur. S'assurer que le détecteur n'a pas enregistré de fausse rupture, ou qu'il n'a pas manqué d'enregistrer de vraies ruptures.

12.5 Calculs

12.5.1 Contrainte à la rupture

Voir 10.5.1.

12.5.2 Paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte statique (flexion en deux points), n_s

Voir 11.5.2.

12 Method IEC 60793-1-B7D – Method for measuring the static fatigue parameters of optical fibres by two-point bending

12.1 Object

This procedure provides a method for determining the static fatigue parameters of optical fibres in two-point bending. A bending test is used in preference to tension for those cases in which stress on the fibre in service results from bending.

12.2 Apparatus

12.2.1 A possible test equipment is schematically shown in figure 14. The grooved, parallel plates and the spacers shall be made of thermally stable materials (e.g., stainless steel). (The spacers are used to create a required gap between platens.) Precision-bore glass tubes or precision-reamed metal plates may be used in place of the parallel plates shown in figure 14. In these cases, the walls of the tubes serve the same function as the parallel plates.

12.2.2 An acoustic sensor, and an appropriate monitor for output voltage may be used for fibre fracture detection. Other methods of sensing breaks, such as launching light down the optical fibre, may also be used. The sensing equipment shall be capable of measuring the time to break with a precision equal to or better than 1 % of the elapsed time.

12.3 Test sample

The test sample is a length of coated optical fibre approximately 30 mm to 120 mm long. The glass diameter shall be known to $\pm 1 \mu\text{m}$ and coating diameter must be known to $\pm 5 \mu\text{m}$. Unless otherwise specified in the detail specification, the sample size for each nominal stress level shall be at least 15.

12.4 Procedure

A minimum of five different nominal stress levels shall be tested. The nominal stresses shall be chosen such that the median times to fracture range from about 1 h to about 30 days.

Assemble the two point bending fixture, using spacers of appropriate height to produce the desired maximum stress at the apex of the fibre bend. To calculate the spacer height which will produce the desired value of applied stress use equations (7), (8) and (9). If precision-bore tubing or precision-reamed metal is used d_0 in equation (8) is equal to zero (0). Upon completion of preconditioning, load the fibres into the fixture. Record the time to fracture for each break using a detector. Ensure that the detector did not register false breaks or fail to register true breaks.

12.5 Calculations

12.5.1 Fracture stress

See 10.5.1.

12.5.2 Static (two-point bending) stress corrosion susceptibility parameter n_s

See 11.5.2.

12.6 Résultats

12.6.1 Les renseignements suivants doivent être fournis:

- identification de la fibre;
- date de l'essai;
- paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte statique (flexion en deux points) n_s (d'autres paramètres sont à l'étude).

12.6.2 Les renseignements suivants doivent être disponibles sur demande:

- diamètre de la fibre (verre);
- diamètre du revêtement;
- environnement d'essai;
- module d'élasticité de la fibre;
- taille de l'échantillon initial pour chaque niveau de contrainte nominale et nombre de niveaux de contrainte nominale;
- méthode de calcul de n_s ;
- paramètre de Weibull m_s , à partir de 11.5.2, pour chaque valeur de contrainte testée;
- l'écart type sur l'estimation de n_s ;
- niveaux de contrainte nominale.

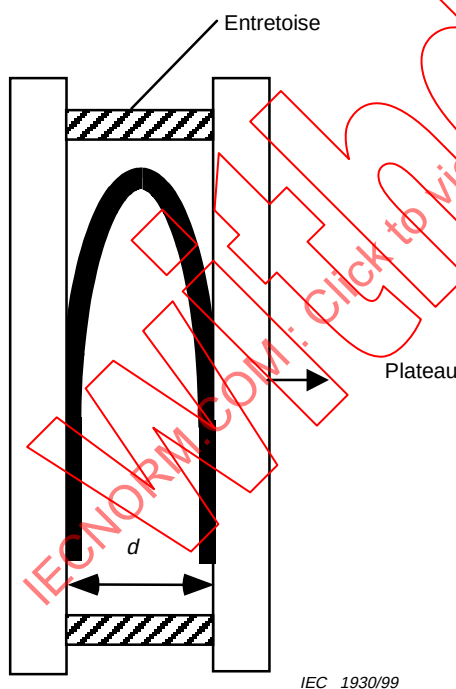


Figure 14a – Vue de face

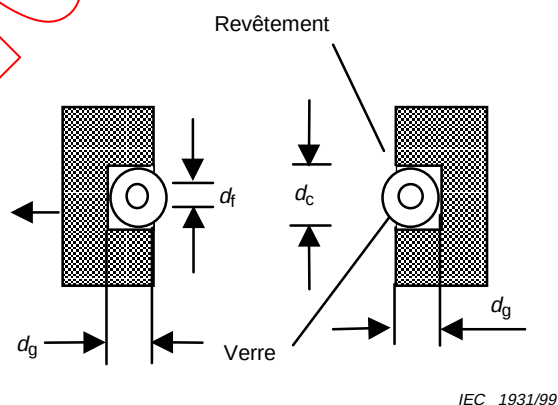


Figure 14b – Coupe

Figure 14 – Schéma d'un appareillage possible d'essai de fatigue statique (flexion en deux points)

12.6 Results

12.6.1 The following data shall be reported:

- fibre identification;
- test date;
- static (two-point bending) stress corrosion susceptibility parameter, n_s (other parameters are under consideration).

12.6.2 The following data shall be available upon request:

- fibre (glass) diameter;
- coating diameter;
- test environment;
- modulus of elasticity of the fibre;
- initial sample size for each nominal stress level and the number of nominal stress levels;
- method of computation of n_s ;
- the Weibull shape parameter m_s , from 11.5.2, for each strain value tested;
- the standard error of the estimate (SEE) of n_s ;
- nominal stress levels.

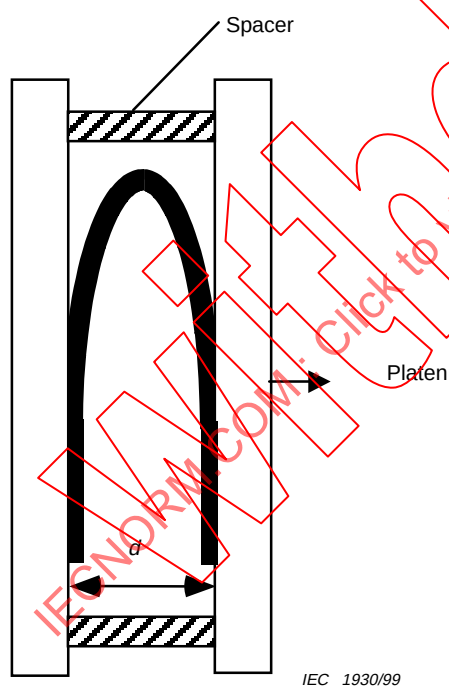


Figure 14a – Plan

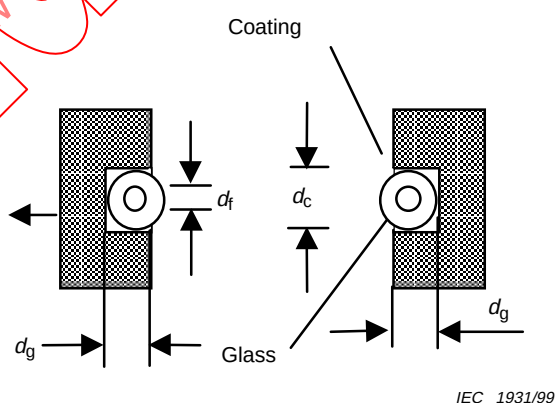


Figure 14b – Section

Figure 14 – Schematic of possible static fatigue (two-point bending) apparatus

13 Méthode CEI 60793-1-B7E – Méthode de mesure du paramètre de fatigue statique des fibres optiques par courbure uniforme

13.1 Objet

La présente procédure décrit une méthode de détermination du paramètre de fatigue statique de longueurs individuelles de fibre optique sous courbure uniforme. Cette méthode est destinée à évaluer la tenue à l'essai de fatigue statique des fibres, en utilisant divers diamètres de courbure.

13.2 Appareillage

L'équipement proposé pour l'essai de contrainte en courbure comprend des mandrins de précision de divers diamètres. Les fibres sont soumises à des contraintes en courbure par enroulement autour du mandrin (voir figure 15).

13.2.1 Support de l'échantillon

La longueur de fibre soumise à l'essai doit être fixée aux deux extrémités. Les fibres peuvent être fixées par exemple au moyen d'un collier en caoutchouc, de colle ou d'une bande adhésive aux extrémités du mandrin. La fixation ne doit pas permettre le glissement de la fibre avant la rupture et doit minimiser les risques de ruptures de la fibre à ce niveau. Une rupture qui apparaît au niveau de la fixation doit être enregistrée mais ne sera pas prise en compte comme faisant partie de l'échantillon ou utilisée pour des calculs ultérieurs.

Un mécanisme d'enroulement de la fibre en essai sur le mandrin est nécessaire. La fibre doit être enroulée avec un pas minimal. On doit éviter d'introduire une contrainte de traction indésirable pendant l'enroulement. Une force d'enroulement suffisante est cependant nécessaire pour s'assurer que la fibre touche le mandrin sur toute sa longueur, par exemple 0,25 N.

13.2.2 Mise en contrainte de la fibre

Les niveaux de contrainte peuvent être changés par une sélection appropriée de la taille des mandrins. Plusieurs éprouvettes sont soumises à l'essai à un niveau de contrainte nominale donné. Pour la méthode de calcul dite de la simple médiane, la tolérance sur les diamètres des mandrins pour un niveau de contrainte donné doit être de $\pm 0,5\%$ de la valeur nominale. Pour la méthode dite homologue et la méthode d'estimation de la probabilité maximale, les niveaux individuels des contraintes sur chaque éprouvette doivent être enregistrés et utilisés pour les calculs.

13.2.3 Mesure du temps à la rupture

De nombreuses techniques permettent d'enregistrer le moment de la rupture et peuvent satisfaire à ces exigences. Une méthode consiste à utiliser un détecteur d'émission acoustique ou un transducteur pour détecter la rupture de la fibre et indiquer à l'ordinateur le moment de la rupture. Une autre méthode est la détection optique de la présence du mandrin dans un support spécial. Lorsque la fibre rompt, le mandrin est éjecté du support. La détection optique de la lumière transmise dans la fibre est également une autre technique.

13.3 Echantillon en essai

Sauf prescription contraire dans la spécification particulière, la taille de l'échantillon pour chaque niveau de contrainte nominale doit être d'au moins 15. Sauf prescription contraire dans la spécification particulière, la longueur de la fibre pour chaque essai doit être de 1 m. Le diamètre du verre doit être connu à $\pm 1\ \mu\text{m}$ et le diamètre du revêtement doit être connu à $\pm 5\ \mu\text{m}$.

13 Method IEC 60793-1-B7E – Method for measuring static fatigue parameters of optical fibres by uniform bending

13.1 Object

This procedure describes a method for determining the static fatigue parameters of individual optical fibre lengths in uniform bending. This method is intended to test static fatigue behaviour of fibres by using different bend diameters.

13.2 Apparatus

The proposed test equipment for bending stress consists of precision mandrels of different diameters. Fibres are subjected to bending stresses by winding around a mandrel (see figure 15).

13.2.1 Support of the sample

The fibre length to be tested shall be gripped at both ends. The fibres can be fixed using, for example rubber rings or glue or tape at the ends of the mandrel. The grip shall not allow the fibre to slip prior to fracture, and shall minimize fibre fracture at the grip. A break that occurs at the grip shall be recorded, but is not to be considered part of the sample or used in subsequent calculations.

A winding mechanism is needed to wind the test fibre on the mandrel. The fibre shall be wound with minimum pitch. Care shall be taken to avoid introducing unwanted tensile stress during winding. Sufficient winding force is needed to ensure that the fibre touches the mandrel throughout its entire length, for example 0,25 N.

13.2.2 Stressing the fibre

The stress level can be varied by the proper choice of the mandrel size. Several specimens are tested at a given nominal stress level. For the simple median computation method, the range of mandrel diameters for a given stress level shall be within $\pm 0,5$ % of the nominal. For the homologous method and the maximum likelihood estimate (MLE) method, the individual stress levels for each specimen shall be recorded for use in the computation.

13.2.3 Measuring time to fracture

There are many techniques to monitor time to fracture which can meet these requirements. One way is to use an acoustic emission detector or transducer to sense the fibre break and signal the computer at the time of fracture. Another way is optical detection of the presence of the mandrel in a special holder. When the fibre breaks, the mandrel is pushed out of the holder. Optical detection of transmitted light through the fibre is another technique.

13.3 Test sample

Unless otherwise specified in the detail specification, the sample size for each nominal stress level shall be at least 15. Unless otherwise specified in the detail specification, the fibre length for each test shall be 1 m. The glass diameter shall be known to ± 1 μm and coating diameter shall be known to ± 5 μm .

13.4 Procédure

On doit utiliser pour l'essai au moins cinq niveaux différents de tension nominale. Les tensions nominales doivent être choisies de façon que les temps médians à la rupture s'échelonnent de 1 h environ à 30 jours environ.

13.5 Calculs

13.5.1 Contrainte à la rupture

Calculer la contrainte à la rupture de chaque fibre par la formule suivante:

$$\sigma_f = E_0 \cdot \varepsilon_f (1 + 0,5 \cdot \alpha'' \cdot \varepsilon_f) \quad (14)$$

$$\varepsilon_f = \frac{d_f}{D + d_c} \quad (15)$$

$$\alpha'' = 0,75 \alpha \quad (16)$$

où

σ_f est la contrainte à la rupture (GPa);

E_0 est le module de Young (72 GPa);

ε_f est l'allongement à la rupture;

α est le paramètre de correction pour tenir compte de la non-linéarité entre contrainte et allongement (la valeur typique pour α est 6);

d_f est le diamètre de la fibre de verre (μm);

D est le diamètre du mandrin (μm);

d_c est le diamètre total de la fibre y compris tout revêtement (μm).

13.5.2 Paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte statique (flexion uniforme) n_s

Voir 11.5.2.

13.6 Résultats

13.6.1 Les renseignements suivants doivent être fournis:

- identification de la fibre;
- date de l'essai;
- paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte statique (flexion uniforme) n_s (d'autres paramètres sont à l'étude).

13.6.2 Les renseignements suivants doivent être disponibles sur demande:

- diamètre de la fibre (verre);
- diamètre du revêtement;
- diamètres des mandrins;
- environnement d'essai;
- écart type sur l'estimation de n_s ;
- longueur de la fibre enroulée sur les mandrins;

13.4 Procedure

A minimum of five different nominal stress levels shall be tested. The nominal stresses shall be chosen such that the median times to fracture range from about 1 h to about 30 days.

13.5 Calculations

13.5.1 Fracture stress

Calculate the fracture stress of each fibre by:

$$\sigma_f = E_0 \cdot \varepsilon_f (1 + 0,5 \cdot \alpha'' \cdot \varepsilon_f) \quad (14)$$

$$\varepsilon_f = \frac{d_f}{D + d_c} \quad (15)$$

$$\alpha'' = 0,75 \alpha \quad (16)$$

where

σ_f is the fracture stress (GPa);

E_0 is the Young's modulus (72 GPa);

ε_f is the fracture strain;

α is the correction parameter for non-linear stress/strain behaviour (typical value for α is 6);

d_f is the glass fibre diameter (μm);

D is the mandrel diameter (μm);

d_c is the overall fibre diameter including any coating (μm).

13.5.2 Static (uniform bending) stress corrosion susceptibility parameter n_s

See 11.5.2.

13.6 Results

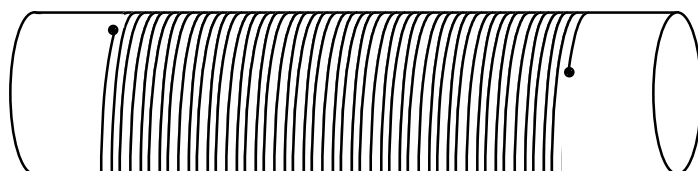
13.6.1 The following data shall be reported:

- fibre identification;
- test date;
- static (uniform bending) stress corrosion susceptibility parameter n_s (other parameters are under consideration).

13.6.2 The following data shall be available upon request:

- fibre (glass) diameter;
- coating diameter;
- mandrel diameters;
- test environment;
- the standard error of the estimate (SEE) of n_s ;
- length of fibre wound on mandrels;

- force d'enroulement;
- taille de l'échantillon initial pour chaque groupe d'essais et nombre de groupe d'essais;
- nombre de mandrins dans chaque lot de diamètres de mandrin;
- méthode de calcul de n_s .



IEC 1932/99

Figure 15 – Schéma d'un appareillage possible d'essai de fatigue statique (courbure uniforme)

14 Méthode CEI 60793-1-B8A – Mesure d'ondulation de fibre optique par microscopie latérale

14.1 Objet

Cette méthode d'essai décrit une procédure permettant de mesurer le rayon de courbure, ou l'ondulation, de fibres optiques dénudées par microscopie latérale. L'ondulation de fibre a été définie comme étant un paramètre important de réduction des pertes par épissurage des fibres optiques lors de l'utilisation de soudeuses par fusion avec alignement passif ou de soudeuses par fusion de masse avec alignement actif. Cette méthode mesure le rayon de courbure d'une fibre dénudée en déterminant la valeur de flèche d'une extrémité non soutenue de fibre soumise à une rotation autour de l'axe de la fibre. La valeur maximale de flèche de la fibre et la distance en débord entre le dispositif de fixation de la fibre et le point de mesure permettent de calculer le rayon de courbure de la fibre à partir d'un modèle circulaire simple, dont la description est donnée à l'annexe C.

Cette procédure donne deux méthodes de collecte et de calcul des données. Avec la méthode A, la flèche de la fibre δ_f , généralement mesurée en micromètres, est définie comme étant égale à la moitié de l'écart entre la valeur maximale de flèche et la valeur minimale, constatées en cours de rotation de la fibre. Avec la méthode B, la flèche est mesurée par incréments de rotation réguliers et les données sont ajustées sur une fonction sinusoïdale, où la flèche de la fibre δ_f est définie comme étant égale à la moitié de l'amplitude crête à crête de l'onde sinusoïdale la mieux ajustée.

14.2 Appareillage

Les figures 16, 17 et 18 présentent les diagrammes schématiques de montages d'essai typiques pour ces techniques.

14.2.1 Dispositif de fixation de la fibre

Utiliser un dispositif de fixation adéquat pour maintenir la fibre sur un même axe et lui permettre d'effectuer une rotation de 360°. Le dispositif de fixation peut être un support en V, tel qu'un mandrin à succion, ou une férule pour fibre. Avec une férule, veiller à ce que le diamètre intérieur de la férule soit calibré au plus près du diamètre de la fibre pour réduire les variations dans la mesure de la flèche.

14.2.2 Support rotatif

Utiliser un dispositif de support qui maintient l'extrémité de la fibre et permet d'imprimer avec précision à l'échantillon un mouvement de rotation sur 360°. Le dispositif peut être activé manuellement ou par un dispositif rotatif tel qu'un moteur pas à pas.

- winding force;
- initial sample size for each test set and the number of test sets;
- number of mandrels in each batch of mandrel diameters;
- method of computation of n_s .

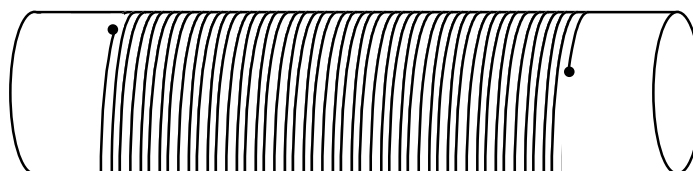


Figure 15 – Schematic of possible static fatigue (uniform bending) apparatus

14 Method IEC 60793-1-B8A – Measurement of optical fibre curl by side-view microscopy

14.1 Object

This test method describes a procedure for the measurement of radius of curvature, or curl, in uncoated optical fibres by side-view microscopy. Fibre curl has been identified as an important parameter for minimizing the splice loss of optical fibres when using passive alignment fusion splicers or active alignment mass fusion splicers. This procedure measures the radius of curvature of an uncoated fibre by determining the amount of deflection which occurs as an unsupported fibre end is rotated about the fibre's axis. By knowing the maximum deflection of the fibre and the overhang distance from the fibre fixture to the measurement point, the fibre's radius of curvature can be calculated from a simple circular model, the derivation of which is given in annex C.

This procedure provides for two methods of data collection and calculation. In method A, the fibre deflection δ_f typically measured in micrometres, is determined as one half the difference between the maximum and minimum deflections occurring as the fibre is rotated. In method B, the deflection is measured at uniform rotational increments and the data fit to a sinusoidal function, where the fibre deflection δ_f is calculated as one half of the peak-to-peak amplitude of the best-fit sine wave.

14.2 Apparatus

Schematic diagrams of typical test set-ups for these techniques are shown in figures 16, 17 and 18.

14.2.1 Fibre fixture

A suitable fixture is used which holds the fibre on a constant axis and allows the fibre to be rotated through 360°. The fixture may be comprised of a V-groove holder such as a vacuum chuck, or a fibre ferrule. If a ferrule is used, take care to ensure that the inside diameter is sized close enough to the fibre diameter in order to minimize variability in the deflection measurement.

14.2.2 Rotating holder

A holding device is used to grasp the end of the fibre, providing an accurate method of rotating the sample through 360°. The device may be manually operated, or may be driven by a rotational device such as a stepper motor.

14.2.3 Dispositif de mesure de la flèche

Se munir d'un dispositif permettant de mesurer la flèche de la fibre soumise à une rotation de 360°. Ce dispositif peut être un microscope d'observation ou un instrument de mesure optique tel qu'un micromètre laser. Avec un microscope d'observation, utiliser un moyen permettant de mesurer avec précision la flèche de la fibre, tel qu'un micromètre à fil ou un système d'analyse de l'image.

14.2.4 Caméra vidéo et moniteur

Une caméra vidéo et un moniteur peuvent être utilisés pour améliorer le système d'observation du dispositif manuel ou automatisé.

14.2.5 Procédure d'essai

En cas d'utilisation d'un micromètre à fil, un analyseur vidéo peut être utilisé pour obtenir une localisation plus précise du fil de mesure.

14.2.6 Calculateur

Un calculateur peut être utilisé pour contrôler le processus, collecter les données et effectuer les calculs.

14.3 Echantillon en essai

L'échantillon en essai doit être une fibre non câblée de longueur suffisante pour être montée sur l'appareillage d'essai. La fibre doit être suffisamment dénudée à l'une des extrémités pour présenter un débord suffisant une fois montée dans le dispositif de fixation.

14.4 Procédure d'essai

L'extrémité dénudée de la fibre est montée dans le dispositif de fixation, de sorte qu'elle dépasse de celui-ci d'une longueur suffisante. Les longueurs de débord typiquement utilisées vont de 10 mm à 20 mm. L'autre extrémité de l'échantillon est attachée au dispositif rotatif.

14.4.1 Procédure pour la méthode A

Appliquer un mouvement de rotation à la fibre jusqu'à ce que la flèche soit à son maximum ou à son minimum et enregistrer la valeur de flèche D_0 . Appliquer un mouvement de rotation jusqu'à la position inverse, à 180° environ, et enregistrer la valeur de flèche D_1 .

14.4.2 Procédure pour la méthode B

Enregistrer la valeur de flèche de l'échantillon en position initiale D_0 et la valeur angulaire θ_0 . Tourner l'échantillon sur 360° en marquant des arrêts à incréments angulaires réguliers et enregistrer les valeurs de flèche à chaque incrément $D_{1...n}$ ainsi que l'incrément angulaire ($\theta_{1...n}$). Les incréments angulaires typiquement utilisés vont de 10° à 15°.

14.5 Calculs

14.5.1 Calculs pour la méthode A

La flèche de la fibre, δ_f , est calculée par:

$$\delta_f = \frac{|D_0 - D_1|}{2} \quad (17)$$

où D_0 et D_1 correspondent aux valeurs de flèche minimale et maximale, généralement exprimées en micromètres.

14.2.3 Deflection measurement device

Provide a device to measure the fibre deflection as it is rotated through 360°. Such a device may consist of a viewing microscope or an optical measuring instrument such as a laser micrometer. If a viewing microscope is used, provide means to permit accurate measurement of fibre deflection, such as a filar eyepiece or image analysis system.

14.2.4 Video camera and monitor

A video camera and monitor may be used to enhance the viewing system for manual or automated operation.

14.2.5 Test procedure

A video analyzer may be used to provide more precise location of the measurement filar, if one is used.

14.2.6 Computer

A computer system may be used to provide process control, data collection, and computation.

14.3 Test sample

The test sample shall be an uncabled fibre of appropriate length for the instrument design. The sample shall have sufficient coating removed from one end to allow mounting in the fibre fixture with the necessary overhang.

14.4 Test procedure

The uncoated fibre end is mounted in the fibre fixture, allowing the end to extend beyond the fixture to the proper overhang distance. Overhang distances of 10 mm to 20 mm are typically used. The other end of the sample is attached to the rotational device.

14.4.1 Procedure for method A

Rotate the sample until the deflection is at a maximum or minimum, and record the deflection value D_0 . Rotate the sample until the position is at the other extreme, approximately 180°, and record the deflection value D_1 .

14.4.2 Procedure for method B

Record the deflection of the sample at its initial position D_0 and angular value θ_0 . Rotate the sample through 360° stopping at equal angular increments and recording the deflection values at each increment $D_{1...n}$ and its angular increment $\theta_{1...n}$. Angular increments of 10° to 15° are typically used.

14.5 Calculations

14.5.1 Calculations for method A

The fibre deflection δ_f is calculated by:

$$\delta_f = \frac{|D_0 - D_1|}{2} \quad (17)$$

where D_0 and D_1 are the minimum and maximum deflection values, generally described in micrometers.

14.5.2 Calculs pour la méthode B

Les coefficients A_0 et A_1 sont déterminés par ajustement des valeurs de positionnement $D_{0...n}$ et $\theta_{0...n}$ à une sinusoïde de la forme suivante:

$$Y = A_0 + A_1 \times \sin(\theta) \quad (18)$$

$$A_1 = \delta_f \quad (19)$$

14.5.3 Calculs communs aux deux méthodes

Etant donné que la valeur totale de la flèche de la fibre, mesurée pour tout échantillon, dépend de la distance de débord X , il est pratique de calculer l'ondulation de la fibre en tant que rayon de courbure, r , à l'aide d'un modèle circulaire:

$$r_c = (X^2 + \delta_f^2) / 2\delta_f \quad (20)$$

où

- r_c est le rayon de courbure;
- X est la distance de débord;
- δ_f est la flèche de la fibre.

14.6 Résultats

14.6.1 Il convient de fournir les informations suivantes:

- date de l'essai;
- identification de l'échantillon;
- rayon de courbure de la fibre.

14.6.2 Il convient que les informations suivantes soient disponibles sur demande:

- méthode d'essai utilisée;
- description de l'équipement utilisé;
- informations relatives à l'étalonnage.

14.5.2 Calculations for method B

The coefficients A_0 and A_1 are determined by fitting the position data $D_{0...n}$ and $\theta_{0...n}$ to a sinusoid of the following form:

$$Y = A_0 + A_1 \times \sin(\theta) \quad (18)$$

$$A_1 = \delta_f \quad (19)$$

14.5.3 Calculations common to both methods

Since the measured total fibre deflection for any sample will depend on the overhang distance X , it is convenient to calculate fibre curl as a radius of curvature r using a circular model

$$r_c = (X^2 + \delta_f^2) / 2\delta_f \quad (20)$$

where

r_c is the radius of curvature;

X is the overhang distance;

δ_f is the fibre deflection.

14.6 Results

14.6.1 The following information should be presented:

- date of the test;
- sample identification;
- fibre radius of curvature.

14.6.2 The following information should be available upon request:

- which test method was used;
- description of the equipment used;
- calibration data.

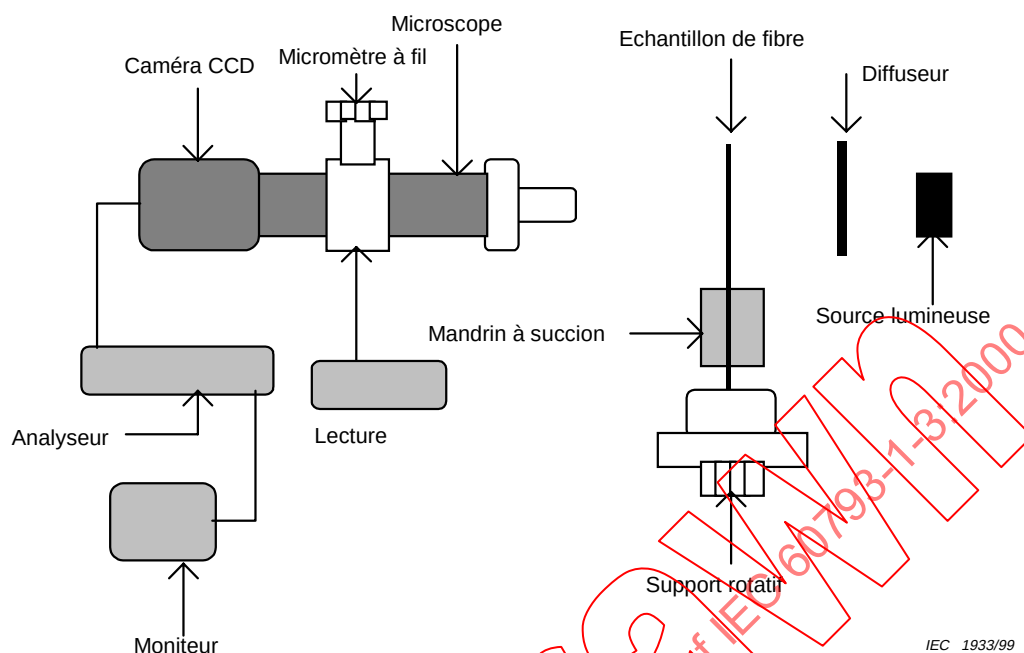


Figure 16 – Diagramme schématique d'appareillage pour mesurer l'ondulation de la fibre à l'aide d'un microscope optique

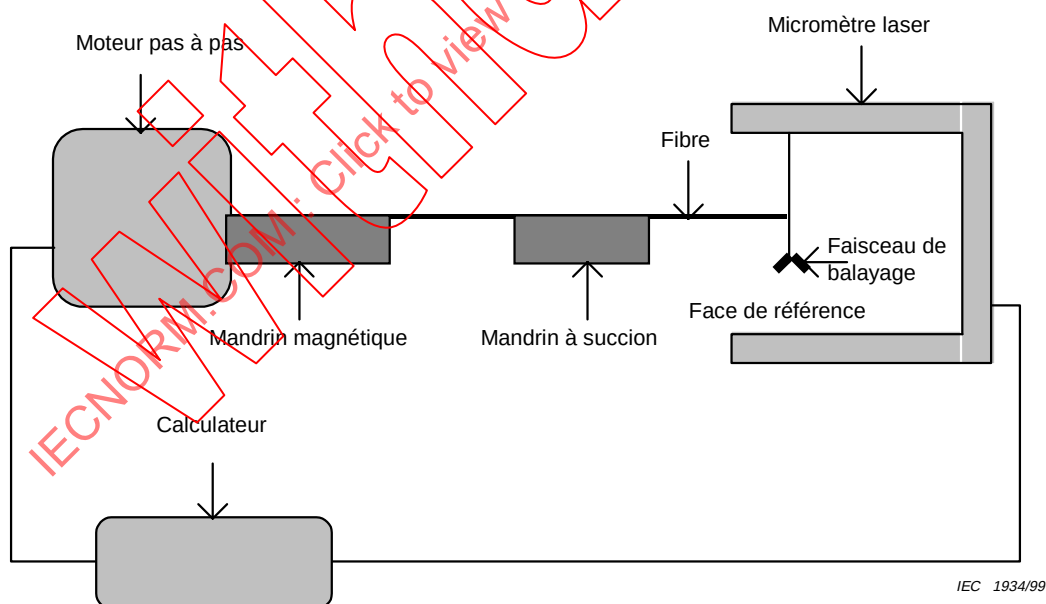


Figure 17 – Diagramme schématique d'appareillage pour mesurer l'ondulation de la fibre à l'aide d'un micromètre laser

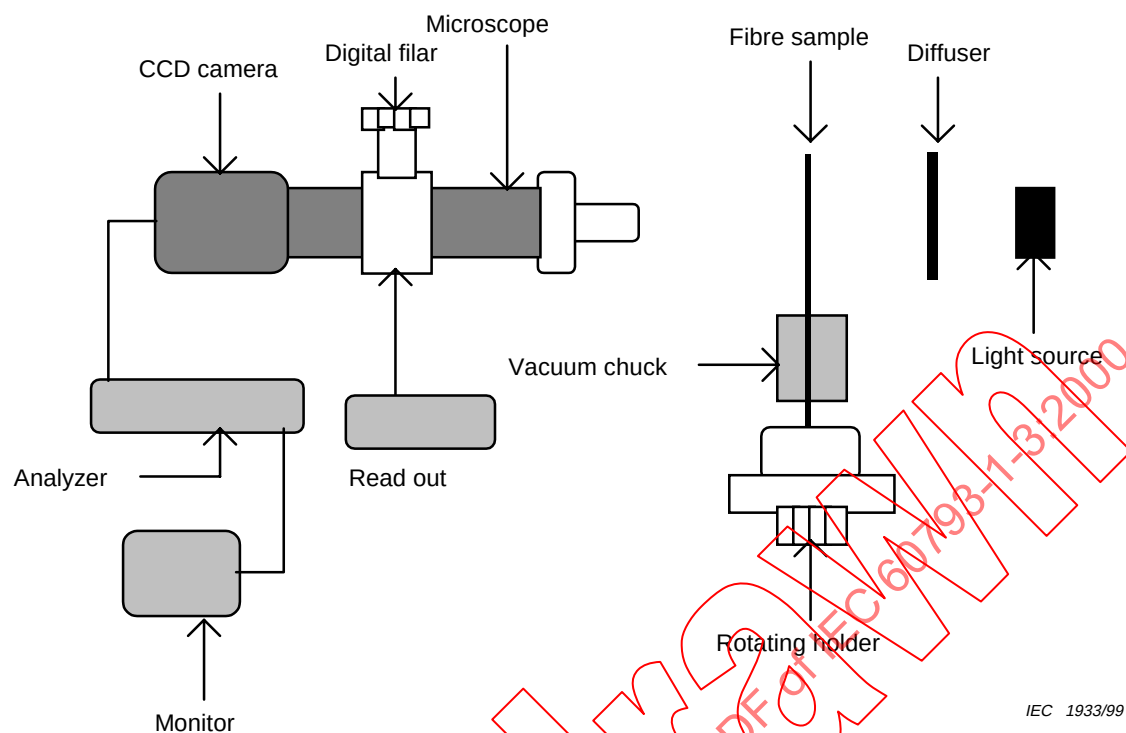


Figure 16 – Schematic diagram for apparatus to measure fibre curl using an optical microscope

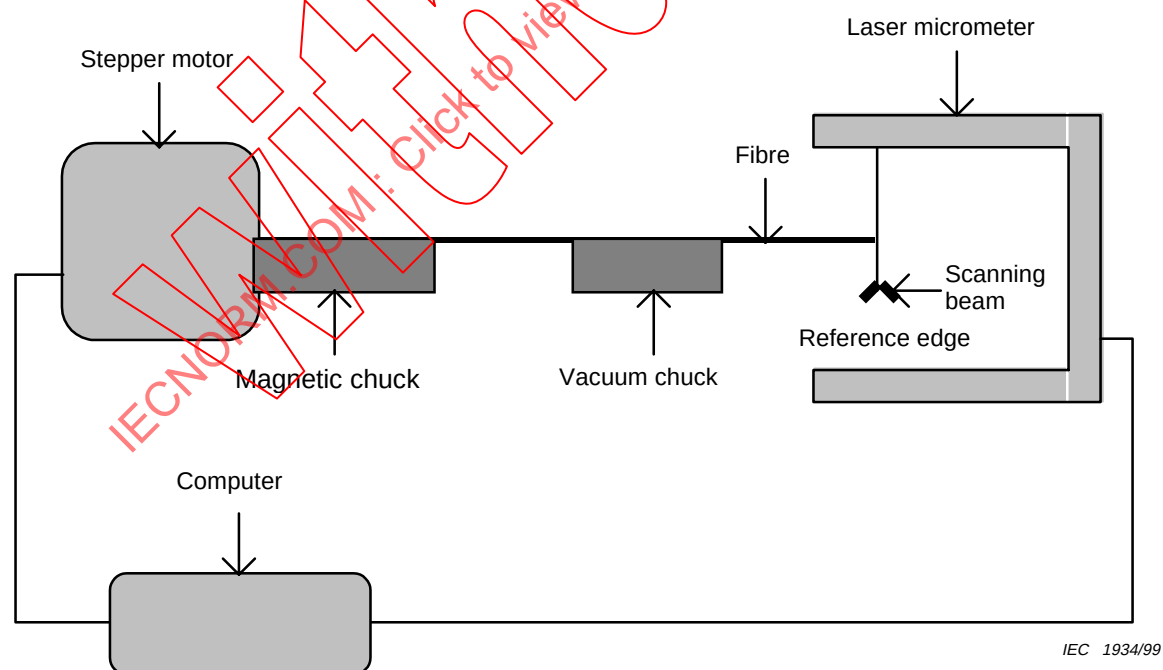


Figure 17 – Schematic diagram for apparatus to measure fibre curl using a laser micrometer

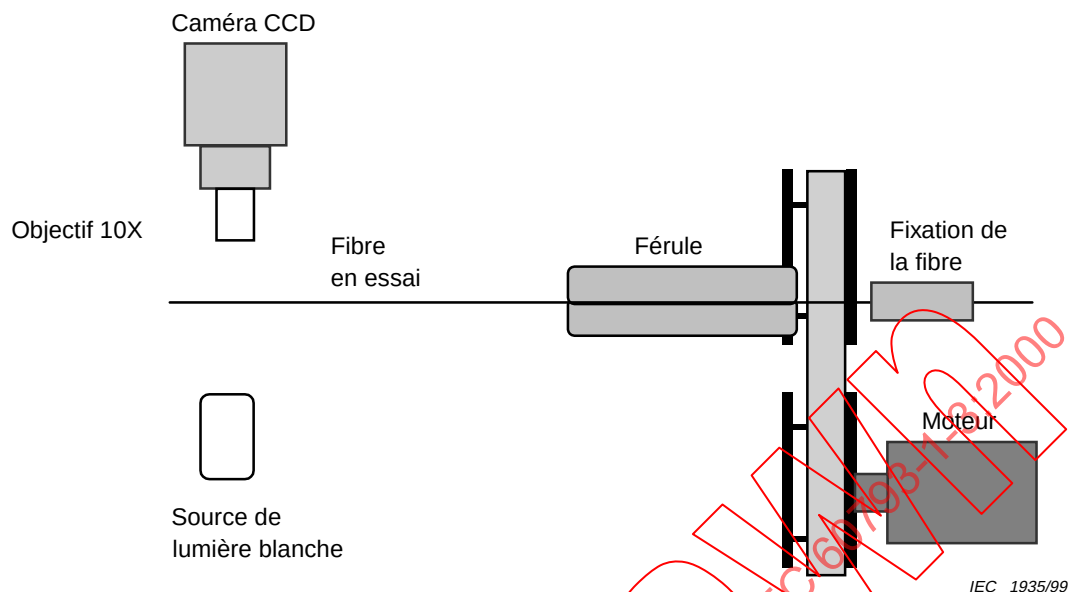


Figure 18 – Diagramme schématique d'appareillage pour mesurer l'ondulation de la fibre avec arrimage de l'échantillon dans une férule

15 Méthode CEI 60793-1-B8B – Mesure d'ondulation de fibre optique par diffusion de rayons laser

15.1 Objet

Cet article décrit une méthode de mesure de la courbure latente (ondulation) d'une fibre optique par diffusion de rayon laser. Ce paramètre s'est avéré pertinent dans le raccordement global de plusieurs fibres et dans les techniques appliquées au montage de connecteurs.

15.2 Appareillage

La figure 19 présente un diagramme schématique de l'appareillage.

15.2.1 Source lumineuse

Utiliser comme source lumineuse des faisceaux partagés d'un laser hélium – néon.

15.2.2 Détecteur

Utiliser comme détecteur un capteur d'images tel qu'un capteur de lignes CCD.

15.3 Echantillon en essai

L'échantillon est fixé dans un support rotatif qui doit permettre à la fibre d'effectuer sur un même axe une rotation de 360°. Fixer une fibre dénudée dans le support d'échantillon avec la longueur de débord prescrite sortant verticalement du support d'échantillon.

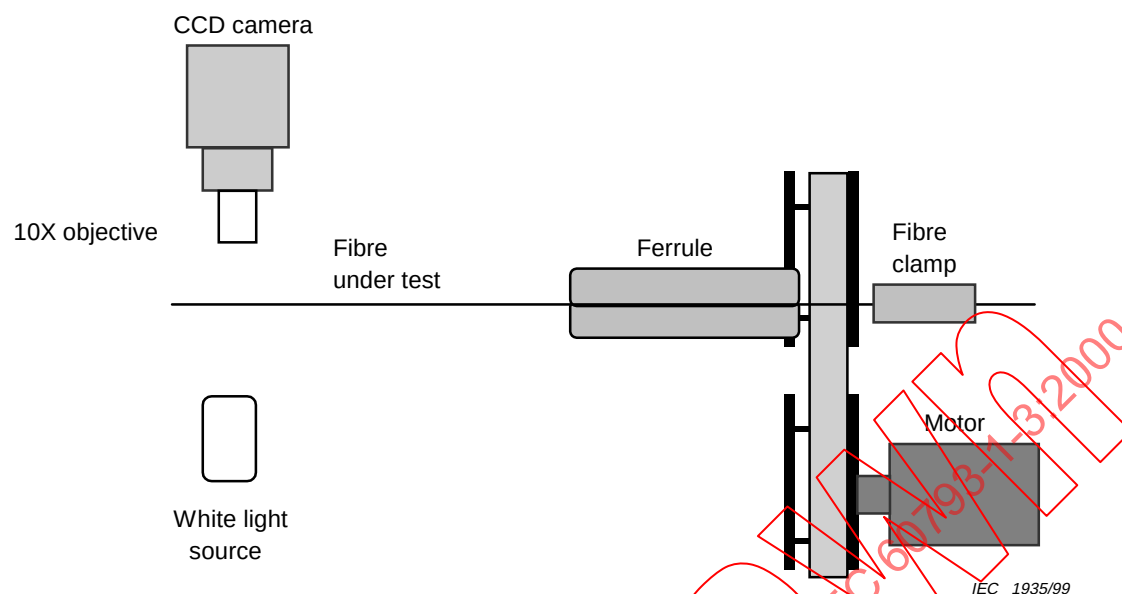


Figure 18 – Schematic diagram for apparatus to measure fibre curl while securing the sample in a ferrule

15 Method IEC 60793-1-B8B – Measurement of optical fibre curl by laser beam scattering

15.1 Object

This clause describes a method to measure the latent curvature (curl) in an optical fibre by laser beam scattering. This parameter has been proved relevant to simultaneous multiple fibre jointing and connectorization techniques.

15.2 Apparatus

A schematic diagram of the apparatus is shown in figure 19.

15.2.1 Light source

Split He-Ne laser beams are used as the light source.

15.2.2 Detector

An image sensor such as a CCD line sensor is used as the detector.

15.3 Test sample

The sample is secured in a rotating holder which shall allow the fibre to rotate on a fixed axis through 360°. An uncoated fibre is secured in the sample holder with a specified overhang length extending vertically off the sample holder.

15.4 Procédure

15.4.1 Etalonnage

Définir une constante d'étalonnage avec une fibre non ondulée.

15.4.2 Mesure

L'écart entre les rayons réfléchis est lu par le capteur de lignes en cours de rotation de la fibre. L'écart maximal des rayons réfléchis est enregistré comme ΔS . Le rayon de l'ondulation de la fibre est calculé par:

$$r = \frac{2L}{\frac{\Delta S}{\Delta Z} - 1} \quad (21)$$

où

- r est le rayon de courbure;
- L est l'écart entre la fibre et le capteur de lignes;
- ΔS est l'écart entre les rayons réfléchis;
- ΔZ est l'écart entre les rayons injectés.

15.5 Résultats

Il convient de fournir les informations suivantes:

- date de l'essai;
- identification de l'échantillon;
- courbure de la fibre.

Il convient que les informations suivantes soient disponibles sur demande:

- description de l'équipement utilisé;
- informations relatives à l'étalonnage.

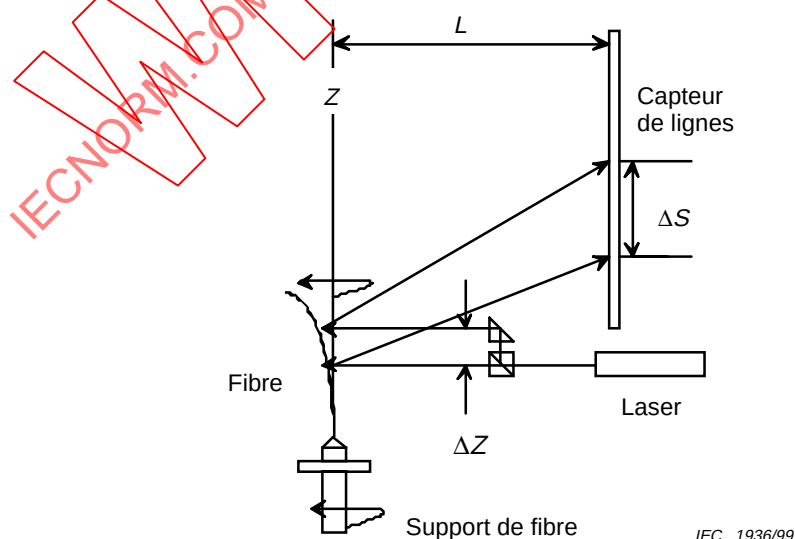


Figure 19 – Diagramme schématique d'ondulation optique par diffusion de rayons laser

15.4 Procedure

15.4.1 Calibration

A calibration factor for the system is established with a non-curl fibre.

15.4.2 Measurement

The reflected beam distance is read by the line sensor while the sample is rotated. The maximum reflected beam distance is recorded as ΔS . A radius of fibre curl is calculated by:

$$r = \frac{2L}{\frac{\Delta S}{\Delta Z} - 1} \quad (21)$$

where

- r is the radius of curvature;
- L is the distance between the fibre and the line sensor;
- ΔS is the reflected beam distance;
- ΔZ is the launched beam distance.

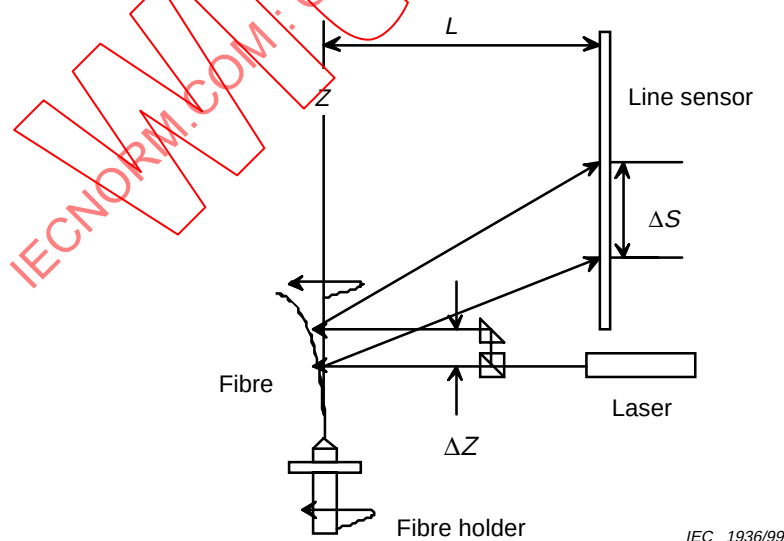
15.5 Results

The following information should be presented:

- date of the test;
- sample identification;
- fibre curl.

The following information should be available upon request:

- description of the equipment used;
- calibration data.



IEC 1936/99

Figure 19 – Schematic diagram of optical curl by laser beam scattering

Annexe A (normative)

Calculs statistiques relatifs aux essais de contrainte à la rupture

A.1 Taille de l'éprouvette et de l'échantillon

A.1.1 Taille de l'éprouvette

Les essais de contrainte à la rupture sont de nature statistique. De nombreuses fibres individuelles, dont chacune est représentative d'une population donnée, doivent être soumises aux tests de contrainte à la rupture. Le résultat est enregistré pour la population dans son ensemble, comme une distribution de probabilité.

La représentativité de la population et l'intervalle de confiance sont déterminés par la taille de l'échantillonnage et la longueur en essai. La longueur en essai affecte également le résultat, étant donné qu'en général la contrainte à la rupture mesurée décroît lorsque la longueur en essai croît.

A.1.2 Taille de l'échantillonnage

Il n'est pas possible dans la pratique de sélectionner des défauts identiques pour les tester à chacune des vitesses de déformation. Par contre, il est exigé que l'échantillonnage évalue la tenue du défaut moyen. La valeur de l'intervalle de confiance de l'essai est régie par l'absence de similitude des défauts soumis à l'essai à différentes vitesses de déformation. Cela signifie que l'intervalle de confiance est une mesure de la précision de l'essai de fatigue et non une mesure directe d'une caractéristique de la fibre.

Le tableau A.1 fournit un intervalle de confiance type pour différentes combinaisons entre le paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte dynamique, n_d , la pente de la courbe de Weibull m , ainsi que la taille de l'échantillon par vitesse de déformation. Ces résultats sont l'aboutissement d'une simulation Monte Carlo d'une distribution de Weibull idéale, associée à la tenue à la fatigue définie par l'équation (5) (voir 9.5.3). Quatre vitesses de déformation, différant chacune d'un ordre de grandeur, sont utilisées dans la simulation.

Annex A

(normative)

Statistical calculation concerning the fracture stress testing

A.1 Specimen size and sample size

A.1.1 Specimen size

Fracture stress testing is statistical in nature. Many individual fibres, each of which is representative of a given population, shall be tested for fracture stress. The result is reported for the population as a whole, as a probability distribution.

The product sample size and gauge length determines the extent to which the population is represented and the range of measured probability. The gauge length also affects the result since, in general, the measured fracture stress decreases as the gauge length increases.

A.1.2 Sample size

In practice, identical flaws cannot be preselected for testing at each of the strain rates. Instead, sampling is required to estimate the behaviour of the mean flaw. The confidence interval width of the test is governed by the lack of similarity of flaws tested at different strain rates. That is, the confidence interval is a measure of the fatigue test precision, not a direct measure of a fibre attribute.

Table A.1 gives a typical confidence interval for various combinations of dynamic stress corrosion susceptibility parameter n_d , the Weibull slope m , and the sample size per strain rate. These results are from Monte Carlo simulation of an ideal Weibull distribution in conjunction with fatigue behaviour defined by equation (5) (see 9.5.3). Four strain rates, each separated by an order of magnitude, are used in the simulation.

Tableau A.1 – Intervalle de confiance à 95 % pour n_d

Réal n_d	m_d	Taille de l'échantillon pour chaque vitesse de déformation			
		15	30	45	60
10	15	8,7-11,0	9,3-10,8	9,5-10,5	9,5-10,5
"	30	9,5-10,5	9,6-10,4	9,7-10,3	9,8-10,3
"	60	9,7-10,3	9,8-10,2	9,9-10,2	9,9-10,1
"	90	9,8-10,2	9,9-10,1	9,9-10,1	9,9-10,1
20	15	16,7-24,0	17,6-23,2	18,3-22,6	18,4-22,0
"	30	18,2-22,0	18,9-21,6	19,5-22,6	19,2-21,0
"	60	19,1-21,1	19,5-20,9	19,8-20,5	19,6-20,5
"	90	19,5-20,8	19,6-20,7	19,8-20,5	19,8-20,4
30	15	22,8-39,2	24,9-37,1	26,2-35,5	26,6-34,4
"	30	26,0-34,1	27,3-33,3	28,0-32,7	28,3-32,3
"	60	28,0-32,0	29,2-31,2	29,4-31,0	29,2-31,2
"	90	28,7-31,4	29,2-31,2	29,4-31,0	29,3-30,8
50	15	33,2-80,6	37,5-72,3	40,5-67,3	41,5-63,7
"	30	40,0-62,2	43,0-59,8	45,0-57,7	45,6-56,4
"	60	44,6-55,8	46,5-54,7	48,1-53,8	47,9-53,3
"	90	46,4-53,9	47,8-53,3	49,1-52,7	49,0-52,3
100	15	49,8-380,0	60,8-258,7	68,5-198,0	71,2-170,7
"	30	67,1-162,3	76,1-147,7	81,5-135,1	83,9-129,7
"	60	81,5-125,8	87,2-120,7	90,4-116,2	92,2-114,4
"	90	87,4-123,2	91,7-113,8	93,9-110,8	95,2-110,0

A.2 Algorithme numérique pour le calcul du paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte dynamique n_d

Cet algorithme calcule la valeur estimée de n_d ainsi que l'intervalle de confiance à 95 % de l'estimation par la méthode homologue des moindres carrés. Une utilisation correcte de l'algorithme se limite aux essais pour lesquels la même taille d'échantillon est prescrite pour chaque vitesse de déformation.

σ_{ij} est la contrainte à la rupture de la j ème rupture pour la i ème vitesse de déformation, et $\dot{\sigma}_a$ est la vitesse de variation de la contrainte pour la i ème vitesse de déformation.

Soit $y_{ij} = \log(\sigma_{ij})$ pour $i = 1$ à L , le nombre de vitesses de déformation, et

pour $j = 1$ à N_j , le nombre d'éprouvettes pour chaque vitesse.

Soit $x_i = \log \dot{\sigma}_a$

Soit $N = \sum N_i$

Soit $\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^{N_j} y_{ij}}{\sum_{i=1}^L N_i}$

Soit $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^L (N_i x_i)}{N}$

Soit $XX = \left(\sum_{i=1}^L N_i x_i^2 \right) - N\bar{X}^2$

Soit $YY = \left(\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^{N_j} y_{ij}^2 \right) - N\bar{Y}^2$

Soit $XY = \left(\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^{N_j} x_i y_{ij} \right) - N\bar{X}\bar{Y}$

Table A.1 – 95 % confidence interval for n_d

Actual n_d	m_d	Sample size per strain rate			
		15	30	45	60
10	15	8,7-11,0	9,3-10,8	9,5-10,5	9,5-10,5
"	30	9,5-10,5	9,6-10,4	9,7-10,3	9,8-10,3
"	60	9,7-10,3	9,8-10,2	9,9-10,2	9,9-10,1
"	90	9,8-10,2	9,9-10,1	9,9-10,1	9,9-10,1
20	15	16,7-24,0	17,6-23,2	18,3-22,6	18,4-22,0
"	30	18,2-22,0	18,9-21,6	19,5-22,6	19,2-21,0
"	60	19,1-21,1	19,5-20,9	19,8-20,5	19,6-20,5
"	90	19,5-20,8	19,6-20,7	19,8-20,5	19,8-20,4
30	15	22,8-39,2	24,9-37,1	26,2-35,5	26,6-34,4
"	30	26,0-34,1	27,3-33,3	28,0-32,7	28,3-32,3
"	60	28,0-32,0	29,2-31,2	29,4-31,0	29,2-31,2
"	90	28,7-31,4	29,2-31,2	29,4-31,0	29,3-30,8
50	15	33,2-80,6	37,5-72,3	40,5-67,3	41,5-63,7
"	30	40,0-62,2	43,0-59,8	45,0-57,7	45,6-56,4
"	60	44,6-55,8	46,5-54,7	48,1-53,8	47,9-53,3
"	90	46,4-53,9	47,8-53,3	49,1-52,7	49,0-52,3
100	15	49,8-380,0	60,8-258,7	68,5-198,0	71,2-170,7
"	30	67,1-162,3	76,1-147,7	81,5-135,1	83,9-129,7
"	60	81,5-125,8	87,2-120,7	90,4-116,2	92,2-114,4
"	90	87,4-123,2	91,7-113,8	93,9-110,8	95,2-110,0

A.2 Numeric algorithm for calculation of dynamic stress corrosion susceptibility parameter n_d

This algorithm calculates the estimate of n_d and the 95 % confidence interval of the estimate with the homologous least squares method. Appropriate use of the algorithm is restricted to tests in which the same sample size is specified for each strain rate.

σ_{ij} is the fracture stress of j^{th} break on the i^{th} strain rate, and

$\dot{\sigma}_a$ is the i^{th} strain rate.

Let $y_{ij} = \log(\sigma_{ij})$ for $i = 1$ to L , the number of strain rates, and

for $j = 1$ to N_j , the number of specimens for each rate.

Let $x_i = \log \dot{\sigma}_a$

Let $N = \sum N_i$

$$\text{Let } \bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^{N_i} y_{ij}}{\sum_{i=1}^L N_i}$$

$$\text{Let } \bar{X} = \frac{\sum (N_i x_i)}{N}$$

$$\text{Let } XX = \left(\sum_{i=1}^L N_i x_i^2 \right) - N\bar{X}^2$$

$$\text{Let } YY = \left(\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^{N_i} y_{ij}^2 \right) - N\bar{Y}^2$$

$$\text{Let } XY = \left(\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^{N_i} x_i y_{ij} \right) - N\bar{X}\bar{Y}$$

$$\text{Soit } S = \frac{XY}{XX} = \text{pente} \quad \text{Soit } SEE = \sqrt{\frac{(YY - S \cdot XY)}{(XX \cdot (N - 2))}}$$

où SEE est l'écart type sur l'estimation de S.

$$\text{Soit } S_U = S - 1,96 \times SEE \quad \text{Soit } S_L = S + 1,96 \times SEE$$

$$\text{Alors } n_d = \frac{1}{S} - 1, \quad n_{dU} = \frac{1}{S_U} - 1, \quad n_{dL} = \frac{1}{S_L} - 1$$

où n_{dU} et n_{dL} sont l'intervalle de confiance à 95 % de la valeur estimée, n_d

$$\text{Calculer} \quad \text{intersection} = \bar{Y} - (S \cdot \bar{X})$$

$$\text{où la pente est:} \quad \text{pente} = \frac{1}{n_d + 1} = S$$

A.3 Méthode complète de calcul de la contrainte à la rupture

Pour cette méthode, le module du revêtement est directement pris en compte.

Soit E_c et A_c le module et la section du revêtement. Soit E_g et A_g le module et la section de la fibre. Soit T la force mesurée sur l'éprouvette au moment de la rupture. Pour une fibre à base de silice, le module de Young est:

$$E_g = 72 \text{ GPa}$$

Dans ce cas,

$$\sigma_f = \frac{\frac{T}{A_g}}{1 + \frac{E_c A_c}{E_g A_g}}$$

Pour les fibres de type A1 et B (avec des diamètres nominaux de verre et de revêtement de 125 μm et de 250 μm respectivement), l'utilisation de la section nominale du verre dans l'équation (1) (voir 10.2.5) conduit à une erreur calculée maximale de $\pm 3 \%$ pour une tolérance sur le diamètre de verre de la fibre de $\pm 2 \mu\text{m}$.

A.4

A.4.1 Méthode homologue

Cette méthode utilise toutes les données, mais il faut dans ce cas supposer que les tracés de Weibull pour chaque groupe sont identiques et rectilignes. Toutes les données étant utilisées, elle conduira souvent à un écart type sur l'estimation plus faible.

Soit t_{ij} le temps à la rupture de la j ème éprouvette pour le i ème niveau de tension nominale. Soit σ_{ia} le niveau de tension nominale de cette éprouvette. Soit N_i le nombre d'échantillons dans le i ème groupe d'essais. Pour chaque i, j , calculer le paramètre de Weibull, w_{ij} :

$$\text{Let } S = \frac{XY}{XX} = \text{slope}$$

$$\text{Let } SEE = \sqrt{\frac{(YY - S \cdot XY)}{(XX \cdot (N - 2))}}$$

where SEE is standard error of estimate of S.

$$\text{Let } S_U = S - 1,96 \times SEE$$

$$\text{Let } S_L = S + 1,96 \times SEE$$

$$\text{Then } n_d = \frac{1}{S} - 1, \quad n_{dU} = \frac{1}{S_U} - 1, \quad n_{dL} = \frac{1}{S_L} - 1$$

where n_{dU} and n_{dL} form the 95 % confidence interval or estimate, n_d .

Calculate

$$\text{intercept} = \bar{Y} - (S \cdot \bar{X})$$

where slope is

$$\text{slope} = \frac{1}{n_d + 1} = S$$

A.3 Complete method to calculate fracture stress

For this method, the coating modulus is taken directly into account.

Let E_c and A_c be the modulus and cross-sectional area of the coating. Let E_g and A_g be the modulus and cross sectional area of the fibre. Let T be the measured tension of the specimen when it breaks. For silica fibre the Young's modulus is:

$$E_g = 72 \text{ GPa}$$

then

$$\sigma_f = \frac{\frac{T}{A_g}}{1 + \frac{E_c A_c}{E_g A_g}}$$

For type A1 and B fibres (with 125 μm and 250 μm nominal glass and coating diameters, respectively) the use of the nominal glass cross-sectional area in equation (1) (see 10.2.5) has a calculated maximum error of ± 3 % for a ± 2 μm glass diameter tolerance.

A.4

A.4.1 Homologous method

This method uses all the data, but requires an assumption that the Weibull plot of each set is the same and linear. Since it uses all the data, it will often produce a smaller standard error of the estimate.

Let t_{ij} be the time to fracture of the j th specimen in the i th nominal stress level. Let σ_{ia} be the nominal stress level of that specimen. Let N_i be the number of the samples in the i th test set. For each i, j compute the Weibull parameter, w_{ij} :

$$w_{ij} = \ln\{-\ln[1 - (j - 0,5)/N_i]\}$$

Ajuster les données au modèle suivant de régression linéaire en minimisant la somme des erreurs au carré.

$$a \cdot \ln(t_{ij}) + b \cdot \ln(\sigma_a) + \text{const} = w_{ij}$$

$n_s = b/a$ est notée comme étant l'estimation.

L'écart type sur l'estimation est calculé à partir de la variance et de la covariance de a et de b , ainsi que de leurs valeurs. Les valeurs de variance et de covariance sont également fournies par la plupart des logiciels de calcul statistique.

$$\text{Var}(n) = \text{Var}(a)/a^2 + (b/a^2)^2 \text{Var}(a) - 2(b/a^2) \text{Cov}(a, b)$$

L'écart type sur l'estimation est $[\text{Var}(n)]^{1/2}$.

Les médianes de $\ln(t_{ij})$ et de $\ln(\sigma_a)$ sont notées.

A.4.2 Estimation de la probabilité maximale

Pour cette méthode également, il faut supposer que le tracé de Weibull pour chaque niveau de tension nominale résulte d'une distribution unique de la résistance à la rupture et qu'il est rectiligne. Cette méthode donne de meilleurs résultats mais elle est plus compliquée. Elle peut traiter avec plus de précision les cas pour lesquels les données sont tronquées du fait de l'interruption de l'essai avant rupture de tous les échantillons. Il existe des logiciels de statistique permettant d'effectuer ce calcul. Il est fondé sur le modèle de probabilité suivant.

$$F = 1 - \exp[-(t_i/t_0)^{m_s}]$$

où

F est la probabilité cumulative de rupture pour un temps de rupture t_i ;

t_0 est le paramètre d'échelle Weibull;

m_s est le paramètre de forme Weibull (statique).