

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60793-1-33

Première édition
First edition
2001-08

Fibres optiques –

**Partie 1-33:
Méthodes de mesures et procédures d'essai –
Résistance à la corrosion sous contrainte**

Optical fibres –

**Part 1-33:
Measurement methods and test procedures –
Stress corrosion susceptibility**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60793-1-33:2001

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Service clients

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

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

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Customer Service Centre

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

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60793-1-33

Première édition
First edition
2001-08

Fibres optiques –

**Partie 1-33:
Méthodes de mesures et procédures d'essai –
Résistance à la corrosion sous contrainte**

Optical fibres –

**Part 1-33:
Measurement methods and test procedures –
Stress corrosion susceptibility**

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

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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

W

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application et objet	10
2 Références normatives	10
3 Appareillage	12
4 Echantillon et éprouvettes	12
5 Méthode d'essai de référence	12
6 Procédure	14
7 Calculs	14
8 Résultats	14
9 Informations à mentionner dans la spécification	14
Annexe A (normative) Valeur n de fatigue dynamique par tension axiale	16
Annexe B (normative) Valeur n de fatigue dynamique par flexion en deux points	30
Annexe C (normative) Valeur n de fatigue statique par tension axiale	40
Annexe D (normative) Valeur n de fatigue statique par flexion en deux points	46
Annexe E (normative) Valeur n de fatigue statique par courbure uniforme	50
Annexe F (informative) Considérations pour les calculs relatifs à la fatigue dynamique	56
Annexe G (informative) Considérations applicables aux calculs de fatigue statique	64
Annexe H (informative) Considération sur les méthodes d'essais concernant le paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte	66
Bibliographie	74
Figure A.1 – Schéma de l'appareil d'essai en translation	16
Figure A.2 – Schéma de l'appareil d'essai en rotation	18
Figure A.3 – Schéma de l'appareil d'essai en rotation avec cellule dynamométrique	18
Figure A.4 – Représentation du graphique de fatigue dynamique	28
Figure B.1 – Schéma de l'appareil de flexion en deux points	36
Figure B.2 – Schéma des plateaux	38
Figure B.3 – Représentation graphique des données de fatigue dynamique	38
Figure C.1 – Schéma des appareils d'essai de fatigue statique (tension) possibles	44
Figure D.1 – Schéma d'un appareillage possible d'essai de fatigue statique (flexion en deux points)	48
Figure E.1 – Schéma d'un appareillage possible d'essai de fatigue statique (courbure uniforme)	54
Figure H.1 – Résultats de l'essai inter-laboratoires relatif à la contrainte à la rupture en fonction du temps	72
Figure H.2 – Résultats de l'essai inter-laboratoires relatif à la contrainte à la rupture en fonction du temps	72
Tableau F.1 – Intervalle de confiance à 95 % pour n_d	58

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	9
1 Scope and object.....	11
2 Normative references	11
3 Apparatus.....	13
4 Sampling and specimens.....	13
5 Reference test method	13
6 Procedure.....	15
7 Calculations	15
8 Results.....	15
9 Specification information	15
Annex A (normative) Dynamic n value by axial tension	17
Annex B (normative) Dynamic n value by two-point bending	31
Annex C (normative) Static n value by axial tension.....	41
Annex D (normative) Static n value by two-point bending.....	47
Annex E (normative) Static n value by uniform bending.....	51
Annex F (informative) Considerations for dynamic fatigue calculations	57
Annex G (informative) Considerations for static fatigue calculations	65
Annex H (informative) Considerations on stress corrosion susceptibility parameter test methods.....	67
Bibliography.....	75
Figure A.1 – Schematic of translation test apparatus	17
Figure A.2 – Schematic of rotational test apparatus	19
Figure A.3 – Schematic of rotational test apparatus with load cell.....	19
Figure A.4 – Representation of dynamic fatigue graph	29
Figure B.1 – Schematic of two-point bending unit.....	37
Figure B.2 – Schematic of surface platen.....	39
Figure B.3 – Dynamic fatigue data schematic.....	39
Figure C.1 – Schematic of possible static fatigue (tension) apparatus.....	45
Figure D.1 – Schematic of possible static fatigue (two-point bending) apparatus	49
Figure E.1 – Schematic of possible static fatigue (uniform bending) apparatus	55
Figure H.1 – The results of the round robin fracture strength versus time.....	73
Figure H.2 – The results of the round robin fracture strength versus time.....	73
Table F.1 – 95 % confidence interval for n_d	59

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-33: Méthodes de mesures et procédures d'essai – Résistance à la corrosion sous contrainte

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 60793-1-33 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

La présente norme, avec les autres normes de la série CEI 60793-1-3X, annulent et remplacent la deuxième édition de la CEI 60793-1-3, dont elles constituent une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86A/688/FDIS	86A/727/RVD

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

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

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

Les annexes F, G et H sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRES –

**Part 1-33: Measurement methods and test procedures –
Stress corrosion susceptibility**

FOREWORD

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

International Standard IEC 60793-1-33 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This standard, together with the other standards in the IEC 60793-1-3X series, cancels and replaces the second edition of IEC 60793-1-3, of which it constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
86A/688/FDIS	86A/727/RVD

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

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

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

Annexes F, G, H are for information only.

La CEI 60793-1-3X comprend les parties suivantes présentées sous le titre général *Fibres optiques*:

- Partie 1-30: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Essais de sélection
- Partie 1-31: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Résistance à la traction
- Partie 1-32: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Dénudabilité du revêtement
- Partie 1-33: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Résistance à la corrosion sous contrainte
- Partie 1-34: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Ondulation

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-33:2001

IEC 60793-1-3X consists of the following parts, under the general title *Optical fibres*:

- Part 1-30: Measurement methods and test procedures: Fibre proof test
- Part 1-31: Measurement methods and test procedures: Tensile strength
- Part 1-32: Measurement methods and test procedures: Coating strippability
- Part 1-33: Measurement methods and test procedures: Stress corrosion susceptibility
- Part 1-34: Measurement methods and test procedures: Fibre curl

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-33:2001

INTRODUCTION

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

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

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

INTRODUCTION

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

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

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

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-33: Méthodes de mesures et procédures d'essai – Résistance à la corrosion sous contrainte

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60793 contient les descriptions relatives aux cinq principales méthodes d'essai concernant la détermination du paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte.

L'objet de cette norme est d'établir les prescriptions uniformes de la résistance à la corrosion sous contrainte pour les caractéristiques mécaniques. Des essais de fatigue dynamique et de fatigue statique sont utilisés dans la pratique pour déterminer les paramètres de résistance à la corrosion sous contrainte, la valeur n de fatigue dynamique et la valeur n de fatigue statique.

Tout essai mécanique réalisé sur les fibres devrait permettre de déterminer les caractéristiques de contrainte à la rupture et les propriétés de fatigue dans des conditions aussi ressemblantes que possible à l'application pratique. Des méthodes d'essai appropriées sont disponibles:

- A: Valeur n de la fatigue dynamique par tension axiale (voir annexe A);
- B: Valeur n de la fatigue dynamique par flexion en deux points (voir annexe B);
- C: Valeur n de fatigue statique par tension axiale (voir annexe C);
- D: Valeur n de fatigue statique par flexion en deux points (voir annexe D);
- E: Valeur n de fatigue statique par courbure uniforme (voir annexe E).

Ces méthodes conviennent aux fibres multimodales de type A1, A2 et A3 et aux fibres monomodales de type B1.

Les méthodes d'essai de fatigue statique et dynamique fournissent des résultats comparables si les deux types d'essais sont effectués sur des durées effectives équivalentes. Pour les essais de fatigue dynamique, cela signifie que la durée des essais sera $(n + 1)$ 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 la présente norme représente mieux la situation pratique que celle des essais de fatigue dynamique, qui sont en général réalisés dans des temps relativement courts.

Ces essais fournissent les valeurs du paramètre de corrosion sous contrainte, n , qui peuvent être utilisées dans les calculs de fiabilité conformément à la CEI 62048.

2 Références normatives

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

CEI 62048, *Théorie de la loi de puissance appliquée à la fiabilité des fibres optiques* ¹

¹ A publier.

OPTICAL FIBRES –

Part 1-33: Measurement methods and test procedures – Stress corrosion susceptibility

1 Scope and object

This part of IEC 60793 contains descriptions of the five main test methods concerning the determination of stress corrosion susceptibility parameters.

The object of this standard is to establish uniform requirements for the mechanical characteristic stress corrosion susceptibility. Dynamic fatigue and static fatigue tests are used in practice to determine stress corrosion susceptibility parameters, dynamic n -value and static n -value.

Any fibre mechanical test should determine fracture stress and fatigue properties under conditions that model the practical application as close as possible. Some appropriate test methods are available:

- A: Dynamic n value by axial tension (see annex A);
- B: Dynamic n value by two-point bending (see annex B);
- C: Static n value by axial tension (see annex C);
- D: Static n value by two-point bending (see annex D);
- E: Static n value by uniform bending (see annex E).

These methods are appropriate for types A1, A2 and A3 multimode and type B1 single-mode fibres.

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 standard, approaches the practical situation better than that of the dynamic fatigue tests, which in general are performed in relatively short time-frames.

These tests provide values of the stress corrosion parameter, n , that can be used for reliability calculations according to IEC 62048.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 62048, *The law theory of optical fibre reliability* ¹

¹ To be published.

3 Appareillage

Pour chaque méthode, voir, respectivement, les annexes A, B, C, D et E, pour les figures et les autres prescriptions applicables à l'équipement.

4 Echantillon et éprouvettes

Ces mesures sont statistiques par nature. Un nombre d'éprouvettes ou d'échantillons à partir d'une population commune sont soumis aux essais, chacun sous plusieurs conditions.

La contrainte de défaut ou les statistiques de temps pour des groupes d'échantillons différents sont utilisées pour calculer les paramètres de susceptibilité à la corrosion sous contrainte.

4.1 Longueur des éprouvettes

La longueur des éprouvettes dépend de la procédure d'essai utilisée. Voir, respectivement, les annexes A, B, C, D et E pour la longueur demandée dans chaque méthode d'essai. Pour les essais de traction, les longueurs s'étendent de 0,5 m à plus de 5 m. Pour les essais de flexion en deux points, la longueur essayée est inférieure à 1 m, et pour les essais de courbures uniformes, elle est supérieure à 1 m.

4.2 Préparation des éprouvettes et conditionnement

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.

Sauf prescription contraire, toutes les éprouvettes doivent être 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.

Il a été 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. Un guide d'utilisation de ces méthodes est développé dans la CEI 62048.

La valeur du paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte, n , peut diverger selon les méthodes d'essais à la fatigue. Des influences sur les résultats ont été observées en ce qui concerne la durée des mesures et le niveau de contrainte appliqué. Il convient de faire avec soin le choix de la méthode d'essai. Il est recommandé que ce choix fasse l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant.

5 Méthode d'essai de référence

La méthode A est la méthode d'essai de référence et doit être utilisée pour résoudre les différents litiges parce qu'elle donne des valeurs minimales comparées aux autres et peut être complétée dans une durée pratique pour la résolution du litige.

3 Apparatus

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

4 Sampling and specimens

These measurements are statistical in nature. A number of specimens or samples from a common population are tested, each under several conditions.

Failure stress or time statistics for various sampling groups are used to calculate the stress corrosion susceptibility parameters.

4.1 Specimen length

Specimen length is contingent on the test procedure used. See the respective annexes A, B, C, D and E for the length required for the test method. For tensile tests, the length ranges from 0,5 m to at most 5 m. For two-point bending tests, the actual length tested is less than 1 cm and for uniform bending tests about 1 m.

4.2 Specimen preparation and conditioning

All of the test methods shall be performed under constant environmental conditions. Unless otherwise specified in the detail specification, the nominal temperature shall be in the range of 20 °C to 23 °C with a tolerance of ± 2 °C for the duration of the test. Unless otherwise specified in the detail specification, the nominal relative humidity (RH) shall be in the range of 40 % to 60 % with a tolerance of ± 5 % for the duration of the test.

Unless otherwise specified, all specimens shall be pre-conditioned 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 such parameters 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. A guide for the use of these methods is documented in IEC 62048.

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.

5 Reference test method

Method A is the reference test method and shall be used to resolve disputes because it yields minimal values compared to the others and may be completed in a duration practical for dispute resolution.

6 Procédure

Voir, respectivement, les annexes A, B, C, D et E pour chacune des méthodes d'essai.

Chacun des échantillons (se composant d'un nombre d'éprouvettes) est soumis à l'une des conditions de contrainte. Pour les essais de fatigue statique, une contrainte constante est appliquée, échantillon par échantillon, et le temps jusqu'à la défaillance est mesuré. Pour les essais de fatigue dynamique, la vitesse de contrainte est variable d'un échantillon à un autre et la contrainte de défaillance est mesurée.

La suite est un aperçu des procédures communes à toutes les méthodes:

- effectuer le pré-conditionnement;
- diviser les échantillons en groupes d'éprouvettes;
- appliquer les conditions de contrainte spécifiées à chaque groupe d'éprouvette;
- mesurer le temps ou la contrainte à la défaillance;
- faire les calculs.

7 Calculs

Les calculs, pour chacune des méthodes d'essais, sont donnés dans l'annexe concernée (respectivement, annexes A, B, C, D et E).

8 Résultats

8.1 Les informations suivantes doivent être présentées pour chaque essai:

- l'identification de la fibre;
- la date de l'essai;
- le paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte;
- la méthode d'essai.

8.2 Les informations suivantes doivent être fournies sur demande:

- l'information spécifique prescrite par la méthode d'essai;
- tous les pré-conditionnements spéciaux.

Les articles A.5, B.5, C.5, D.5, et E.5 indiquent la liste des résultats à fournir, respectivement, pour chaque méthode spécifique.

9 Informations à mentionner dans la spécification

La spécification particulière doit spécifier les informations suivantes:

- l'information à reporter;
- tous les éventuels changements apportés à la procédure;
- les critères de défaillance ou d'acceptation.

6 Procedure

See annexes A, B, C, D and E, respectively, for the individual test methods.

Each of several samples (consisting of a number of specimens) is exposed to one of a number of stress conditions. For static fatigue tests, a constant stress is applied from sample to sample and time to failure is measured. For dynamic fatigue tests, the stress rate is varied from sample to sample and the failure stress is measured.

The following is an overview of the procedures common to all methods:

- complete pre-conditioning;
- divide the specimens into sample groups;
- apply the specified stress conditions to each sample group;
- measure time or stress at failure;
- complete calculations

7 Calculations

The calculations for each individual test method are found respectively in annexes A, B, C, D and E.

8 Results

8.1 The following information shall be reported with each test:

- fibre identification;
- test date;
- stress corrosion susceptibility parameter;
- test method.

8.2 The following information shall be provided upon request:

- specific information as required by the test method;
- any special pre-conditioning.

Clauses A.5, B.5, C.5, D.5, and E.5 have results that apply respectively for each specific method.

9 Specification information

The detail specification shall specify the following information:

- information to be reported;
- any deviations to the procedure that apply;
- failure or acceptance criteria.

Annexe A (normative)

Valeur n de fatigue dynamique par tension axiale

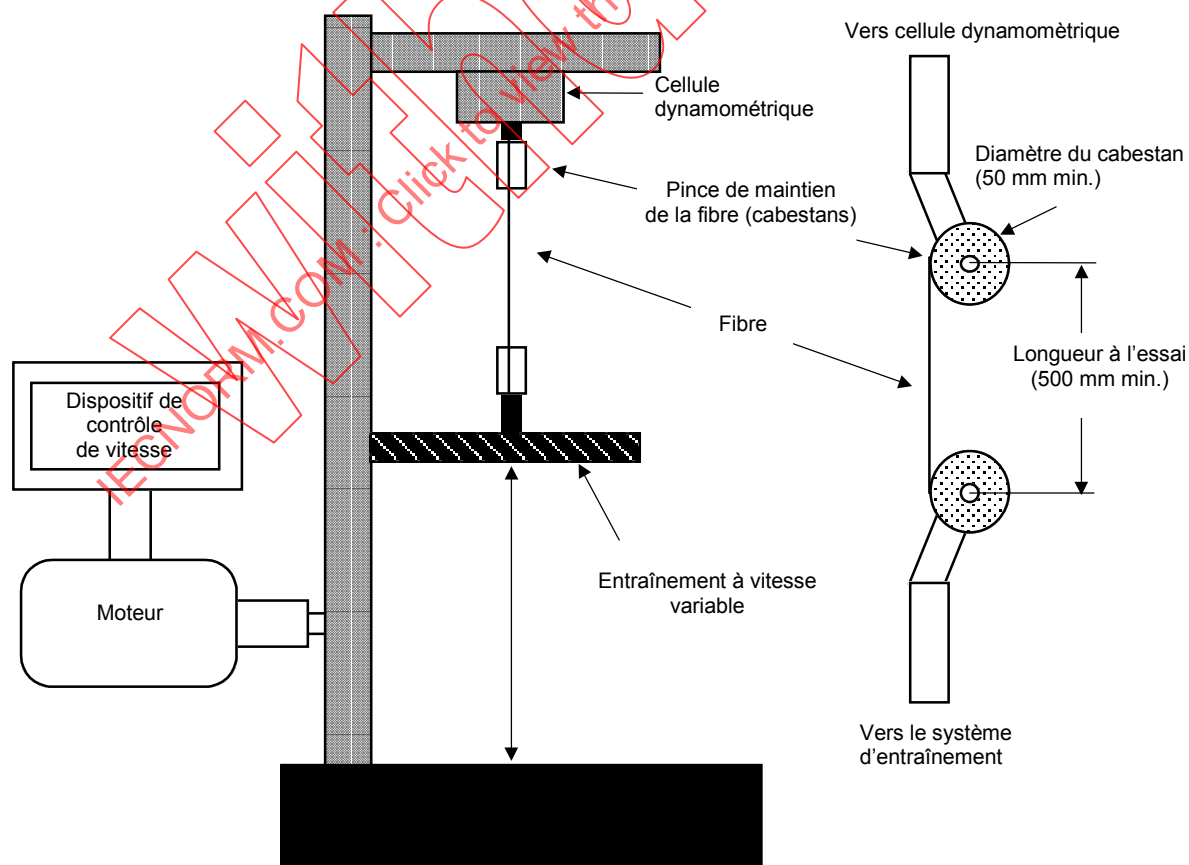
La présente méthode détermine le paramètre de la résistance à la corrosion sous contrainte dynamique (valeur n de fatigue dynamique, n_d) des fibres optiques pour une vitesse de mise sous tension constante et spécifiée.

Cette méthode est destinée à être utilisée uniquement pour les fibres optiques dont la contrainte à la rupture médiane est supérieure à 3 GPa pour la vitesse de mise sous tension spécifiée la plus élevée. Pour les fibres dont la contrainte à la rupture médiane est inférieure à 3 GPa, les conditions ci-incluses n'ont pas démontré une précision suffisante.

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

A.1 Appareillage

Le présent article 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 dans les figures A.1 à A.3. Sauf prescription contraire dans la spécification particulière, utiliser une longueur d'essai de 500 mm pour les éprouvettes soumises à l'essai.



IEC 1385/01

Figure A.1 – Schéma de l'appareil d'essai en translation

Annex A (normative)

Dynamic n value by axial tension

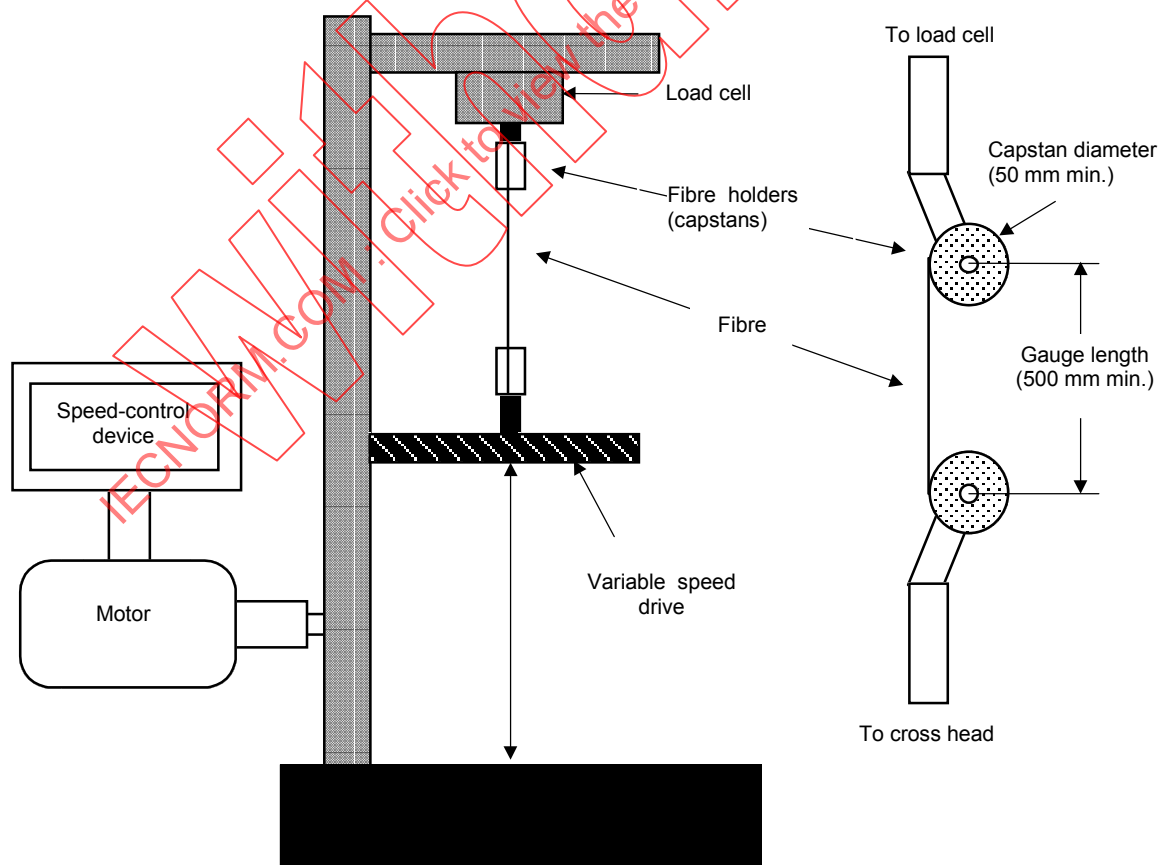
This method is designed for determining the dynamic stress corrosion susceptibility parameter (dynamic n value, n_d) of optical fibre at specified constant strain rates.

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

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.

A.1 Apparatus

This clause describes the fundamental requirements of the equipment used for dynamic fracture stress testing. There are several configurations that meet these requirements. Examples are presented in figures A.1 to A.3. Unless otherwise specified in the detail specification, use a gauge length of 500 mm for tensile test specimens.



IEC 1385/01

Figure A.1 – Schematic of translation test apparatus

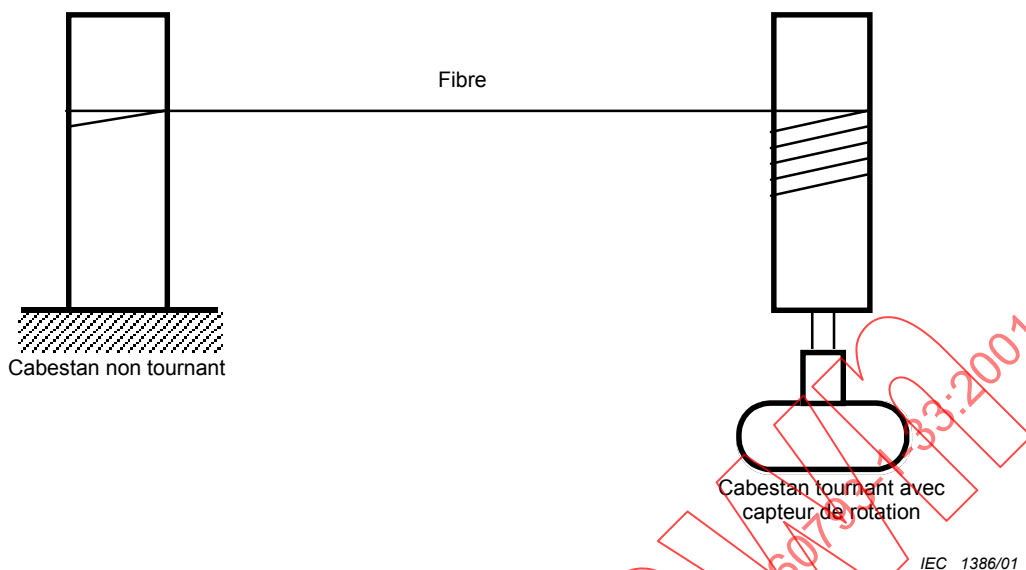


Figure A.2 – Schéma de l'appareil d'essai en rotation

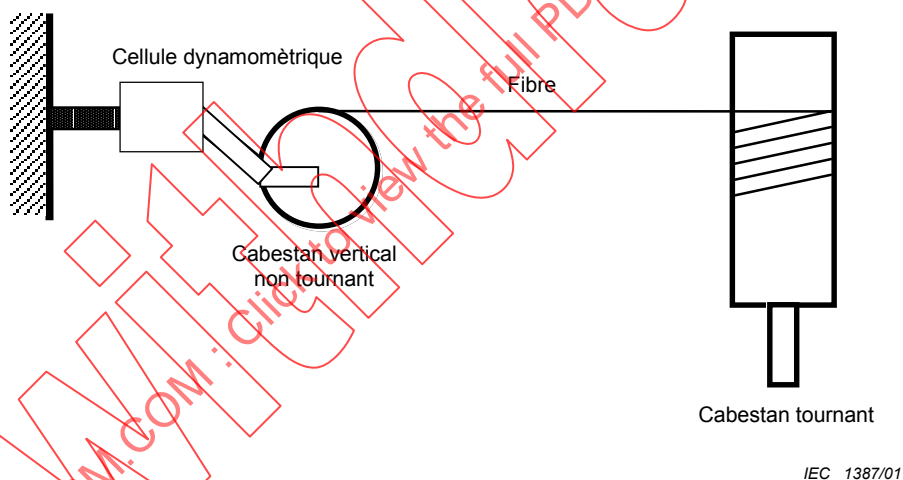


Figure A.3 – Schéma de l'appareil d'essai en rotation avec cellule dynamométrique

A.1.1 Support de l'éprouvette

Maintenir la longueur de fibre à soumettre à l'essai aux deux extrémités et appliquer une tension croissante jusqu'à ce qu'il y ait rupture de la fibre dans sa longueur utile. Eviter les ruptures de la fibre au niveau des pinces en utilisant une adhérence de surface qui empêche un dérapage excessif.

Ne pas prendre en compte les ruptures qui se produisent dans l'échantillon au niveau de la pince, ou les utiliser dans les calculs.

Utiliser un cabestan, éventuellement recouvert d'une gaine élastomère, pour maintenir la fibre. Enrouler une portion de la fibre qui ne sera pas soumise à l'essai plusieurs fois sur le cabestan et la fixer à son extrémité, par exemple au moyen d'un élastique ou d'un ruban adhésif. Enrouler la fibre sans chevauchements. La longueur à l'essai est la longueur de fibre entre les axes des cabestans de fixation avant qu'elle soit soumise à une tension.

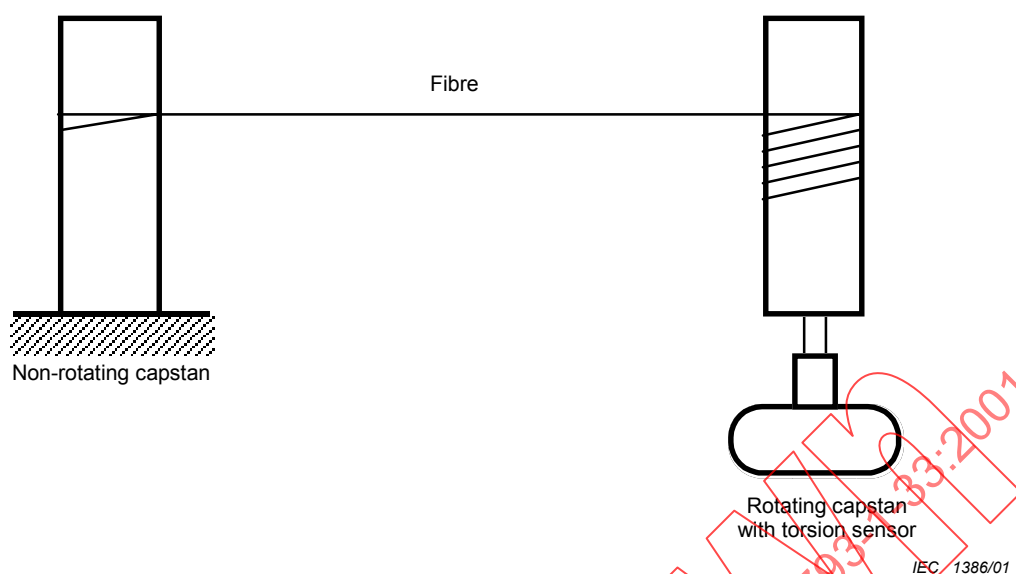


Figure A.2 – Schematic of rotational test apparatus

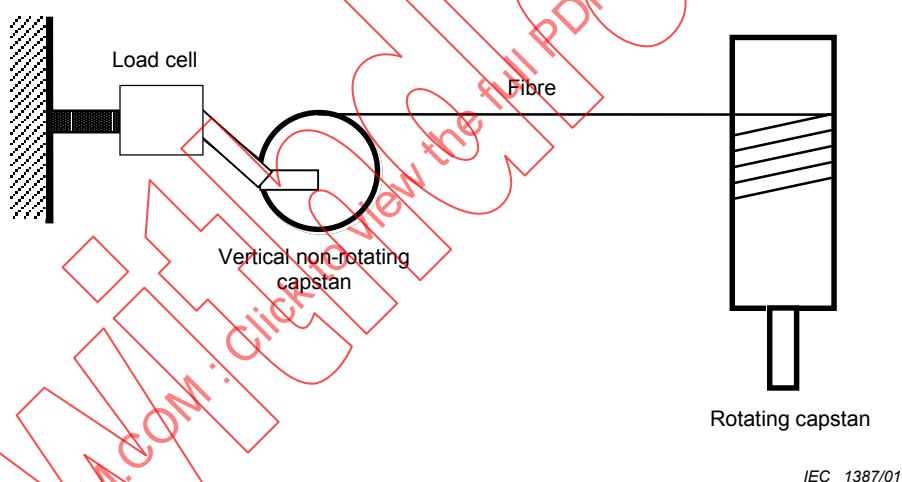


Figure A.3 – Schematic of rotational test apparatus with load cell

A.1.1 Support of the specimen

Grip the fibre length to be tested at both ends and subject the fibre to tension until fracture occurs in the gauge length section of the fibre. Minimize the fibre fracture at the grip by providing a surface friction that prevents excessive slippage.

Do not include breaks that occur at the grip in the sample or use them in the calculations.

Use a capstan, optionally covered with an elastomeric sheath, to grip the fibre. Wrap a section of the fibre that will not be tested around the capstan several times and secure it at the end with, for example, an elastic band or masking tape. Wrap the fibre with no crossovers. The gauge length is the length of fibre between the axes of the gripping capstans before it is stretched.

Utiliser des diamètres de cabestans et de poulies tels 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 par les figures ou est enroulée sur une poulie. (Pour une fibre en silice – gaine/revêtement – de 125/250 μm , le diamètre minimal du cabestan est alors de 50 mm.) Utiliser une surface de cabestan 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.

A.1.2 Application d'une contrainte à la fibre

Etirer la fibre jusqu'à la rupture avec une vitesse de mise sous tension donnée. La vitesse d'allongement est exprimée en pourcentage par minute, par rapport à la longueur à l'essai. Deux exemples de réalisation sont fournis ci-après:

- augmenter l'écartement entre les cabestans de fixation en déplaçant l'un des deux cabestans, ou les deux, à une vitesse donnée, l'écartement initial étant égal à la longueur à l'essai (figure A.1); ou
- tourner un des deux cabestans de fixation, ou les deux, pour tendre la fibre soumise à l'essai (figures A.2 et A.3).

La vitesse de mise sous tension est la différence de longueur entre les deux positions, en pourcentage, divisée par la durée.

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

Si des fibres sont soumises à l'essai simultanément, protéger chaque fibre 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.

A.1.3 Mesure de la force à la rupture

Mesurer la contrainte de tension au cours de l'essai et au moment de la rupture, pour chaque fibre soumise à l'essai, 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. Etalonner la cellule dynamométrique lorsqu'elle est orientée de la même manière que pour l'essai avec une fibre. Pour la méthode b), utiliser une ou plusieurs poulies légères, à faible friction, à la place du cabestan non rotatif (voir figure A.2), ou du cabestan rotatif (voir figure A.3), lors de l'étalonnage des cellules dynamométriques au moyen d'un fil et d'un poids d'étalonnage.

Utiliser un fil, relié à une extrémité du dispositif de mesure de la charge (ou au cabestan) pour obtenir 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, pour l'étalonnage de la cellule dynamométrique, d'utiliser au moins trois poids d'étalonnage 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 avec montage horizontal de la fibre.

A.1.4 Réglage de la vitesse de mise sous tension

Déterminer le réglage de l'ensemble de commande de la vitesse par des essais afin de satisfaire aux vitesses de mise sous contrainte spécifiées. Exprimer la vitesse de mise sous tension en pourcentage de la longueur à l'essai par unité de temps. Sauf prescription contraire

Use a capstan and pulley diameter so that the fibre is not 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 the figures or traverses a pulley. (For 125/250 μm – cladding/coating – silica fibre, the minimum capstan diameter is then 50 mm.) Provide a capstan surface tough enough that the fibre does not cut into it when fully loaded. This condition can be determined by pre-testing.

A.1.2 Stressing application

Elongate the fibre 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 for doing this are as follows:

- 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 A.1); or
- b) rotate one or both of the gripping capstans, to take up the fibre under test (see figures A.2 and A.3).

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

If method b) is used, ensure that the fibre on the capstan does not cross over itself as it is wrapped.

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

A.1.3 Fracture force measurement

Measure the tensile stress during the test and at fracture for each test fibre by a load cell, calibrated to within 0,5 % (0,005) of the fracture or maximum load, for each range of fracture stress. Calibrate the load cell while oriented in the same manner as when testing the fibre under load. For method b), use a light, low-friction pulley (or pulleys) in place of the non-rotating capstan (see figure A.2), or the rotating capstan (see figure A.3), when calibrating load cells with a string and calibration weight.

Use a string, attached at one end to the load-measuring device (or its capstan), to 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 the actual value.

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

A.1.4 Strain rate control

Determine the setting for the speed control unit by trial in order to meet the specified strain rates. Express the strain rate as a percentage of gauge length per unit time. Unless otherwise specified in the detail specification, the maximum strain rate shall be equal to or less than 100 %/min. Select the actual maximum strain rate by taking into account aspects of the test

dans la spécification particulière, la vitesse de mise sous tension maximale doit être inférieure ou égale à 100 %/min. Choisir la vitesse de mise sous tension maximale réelle en tenant compte des aspects de la méthode d'essai tels que les équipements, les propriétés des matériaux des échantillons, etc. En complément à la vitesse maximale, utiliser trois vitesses supplémentaires, 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 spécifiée, quelques éprouvettes sont soumises à l'essai mais à la vitesse supérieure la plus proche (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 initialement soumises à l'essai à la vitesse immédiatement supérieure la plus proche.

A.1.5 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 mise sous tension. Calculer le taux de mise sous tension $\dot{\sigma}_a$ pour chaque vitesse de mise sous tension utilisée pour le calcul de la fatigue conformément à la formule suivante:

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

où

σ_f est la contrainte à la rupture,

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

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

A.2 Echantillon à l'essai

A.2.1 Taille de l'échantillon

Du fait de la variabilité des résultats d'essai, 15 éprouvettes au minimum sont soumises à l'essai pour chaque vitesse de mise sous tension et la valeur de contrainte à la rupture la plus faible est éliminée pour chaque vitesse. En variante, 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 à l'article F.2), l'essai est effectué sur au moins 30 éprouvettes pour chaque vitesse de mise sous tension, et les deux valeurs de contrainte à la rupture les plus faibles sont éliminées pour chaque vitesse.

A.2.2 Taille de l'échantillon (facultative)

Comme expliqué en A.2.1, il est admis que des éprouvettes supplémentaires soient prescrites pour certaines applications pour lesquelles il est nécessaire que l'intervalle de confiance sur le paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte (tension) dynamique n_d soit connu. Se reporter au tableau F.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 F.2 est limitée aux essais pour lesquels la même taille d'échantillon est prescrite pour chaque vitesse.

A.3 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 mise sous tension donnée. Les calculs des paramètres statistiques de population sont présentés à l'article F.2.

A.3.1 Régler et noter la longueur à l'essai (voir A.1.2).

method such as equipment considerations, material properties of the samples, etc. In addition to the maximum rate, use three additional strain rates, 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 pre-load 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.

A.1.5 Stress rate characterization

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:

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

where

σ_f is the fracture stress;

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

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

A.2 Test sample

A.2.1 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 of slope σ_f vs. $\dot{\sigma}_a$ is 0,0017 or greater (as explained in F.2), test a minimum of 30 specimens for each strain rate and drop the lowest two breaking fracture stress data points for each strain rate.

A.2.2 Sample size (optional)

As explained in clause A.2.1, 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 F.1 for various sample sizes, depending upon the expected dynamic Weibull slope, m_d . Appropriate use of the algorithm in clause F2 is restricted to tests in which the same sample size is specified for each strain rate.

A.3 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 clause F.2.

A.3.1 Set and record the gauge length (see A.1.2).

A.3.2 Régler et noter la vitesse de mise sous tension (voir A.1.4).

A.3.3 Si la méthode a) de A.1.4 est utilisée, remettre les cabestans en position pour obtenir la longueur à l'essai spécifiée.

A.3.4 Mettre en place l'éprouvette dans les pinces, une extrémité à la fois. Le point tangent de la fibre doit être au même emplacement que pendant les étalonnages. Guider chaque éprouvette de façon que la fibre fasse au moins le nombre prescrit de tours de cabestan sans chevauchement.

A.3.5 Réinitialiser l'instrument d'enregistrement de la charge.

A.3.6 Démarrer le moteur pour mettre sous contrainte la fibre. Enregistrer la contrainte en fonction du temps jusqu'à la rupture de la fibre. Arrêter le moteur.

A.3.7 Recommencer les étapes A.3.3 à A.3.6 pour toutes les fibres de l'échantillonnage.

A.3.8 Calculer la contrainte à la rupture de la fibre σ_f pour chaque rupture. Utiliser l'équation (A.2).

A.3.9 Calculer la vitesse de mise sous contrainte, $\dot{\sigma}_a$.

A.3.10 Calculer les paramètres statistiques de population nécessaires. Utiliser les équations (A.3) à (A.6).

A.4 Calculs

A.4.1 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):

$$\sigma_f = T/A_g \quad (\text{A.2})$$

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 F.3 pour être utilisée lorsque la contribution du revêtement est importante.

A.4.2 Contrainte à la rupture pour une vitesse de mise sous tension 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.

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

$$F_k = (k - 0,5)/N, \quad k = 1, 2, \dots N \quad (\text{A.3})$$

où N est la taille de l'échantillon.

A.3.2 Set and record the strain rate (see A.1.4).

A.3.3 If method a) of A.1.4 is used, return the gripping capstans to the gauge length separation.

A.3.4 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.

A.3.5 Re-set the load recording instrument.

A.3.6 Start the motor to stress the fibre. Record the stress vs. time until the fibre breaks. Stop the motor.

A.3.7 Repeat steps A.3.3 through A.3.6 for all fibres in the sample set.

A.3.8 Calculate the fibre fracture stress, σ_f , for each break. Use equation (A.2).

A.3.9 Calculate the stress rate, $\dot{\sigma}_a$.

A.3.10 Complete the required population statistic calculations. Use equations (A.3) to (A.6).

A.4 Calculations

A.4.1 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):

$$\sigma_f = T/A_g \quad (\text{A.2})$$

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 F.3 for use when the coating contribution is important.

A.4.2 Fracture stress at a given strain rate

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

- 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.
- Calculate the cumulative probability of failure, F_k , for each break:

$$F_k = (k - 0,5)/N, \quad k = 1, 2, \dots N \quad (\text{A.3})$$

where N is the sample size.

- 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 à l'essai et un diamètre donnés, le tracé de Weibull pour des essais de fatigue dynamique est associé à la fonction de probabilité cumulative suivante:

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

Soit $k(P) = P \times N + 0,5$ 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 $k(P)^{\text{ième}}$ rang.
Si $k(P)$ n'est pas un entier, soit k_1 le nombre entier inférieur à $k(P)$ et $k_2 = k_1 + 1$.

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

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

$$m_d = \frac{2,46}{\ln[\sigma_f(0,85)] - \ln[\sigma_f(0,15)]} \quad (\text{A.5})$$

Le paramètre de Weibull est:

$$\sigma_0 = \exp \left[\frac{0,3665}{m_d} + \ln[\sigma_f(0,5)] \right] \quad (\text{A.6})$$

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

A.4.3 Paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte (tension) dynamique n_d

La contrainte à la rupture médiane $\sigma_f(0,5)$, telle que définie en A.4.2, variera généralement en fonction de la vitesse de mise sous contrainte constante, selon la formule suivante:

$$\log \sigma_f \frac{\log \dot{\sigma}_a}{1 + n_d} + \text{intersection} \quad (\text{A.7})$$

où l'intersection est le logarithme de la contrainte à la rupture pour une vitesse de mise sous contrainte égale à l'unité tel qu'il est illustré à la figure A.4.

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

$$\text{intersection} = \bar{Y} - (\text{pente}) \times \bar{X} \quad (\text{A.8})$$

Sauf prescription contraire, utiliser l'algorithme fourni à l'article F.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 F.2 pour la détermination de l'écart type.

c) Graph $\ln [-\ln (1 - F_k)]$ vs $\ln (\sigma_f)$ 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:

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

Let $k(P) = P \times N + 0,5$ 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 $k(P)^{\text{th}}$ 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 $\sigma_f(P) = (\sigma_{fk1} \times \sigma_{fk2})^{1/2}$.

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

$$m_d = \frac{2,46}{\ln [\sigma_f(0,85)] - \ln [\sigma_f(0,15)]} \quad (\text{A.5})$$

The Weibull parameter is:

$$\sigma_0 = \exp \left[\frac{0,3665}{m_d} + \ln [\sigma_f(0,5)] \right] \quad (\text{A.6})$$

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

A.4.3 Dynamic (tension) stress corrosion susceptibility parameter, n_d

The median fracture stress $\sigma_f(0,5)$ as defined in A.4.2, will generally vary with constant stress rate, as follows:

$$\log \sigma_f \frac{\log \dot{\sigma}_a}{1 + n_d} + \text{intercept} \quad (\text{A.7})$$

where intercept is the log of fracture stress at a stress rate of unity as shown in figure A.4.

Intercept can be calculated from the following:

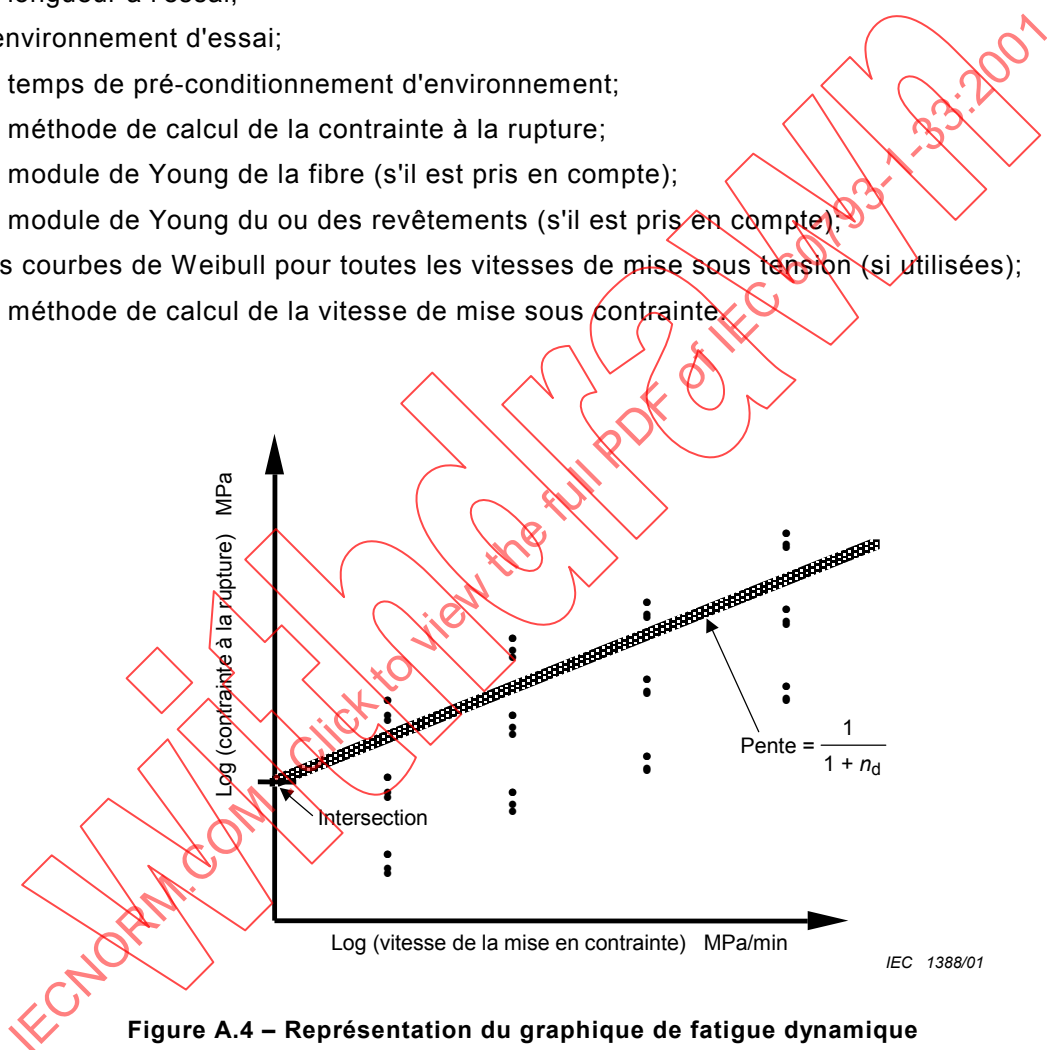
$$\text{intercept} = \bar{Y} - (\text{slope}) \times \bar{X} \quad (\text{A.8})$$

Unless otherwise specified, use the algorithm in clause F.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 of slope $\log \sigma_f$ vs. $\log \dot{\sigma}_a$ shall be less than 0,0017. Refer to clause F.2 to determine the standard error of estimate of slope.

A.5 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis sur demande:

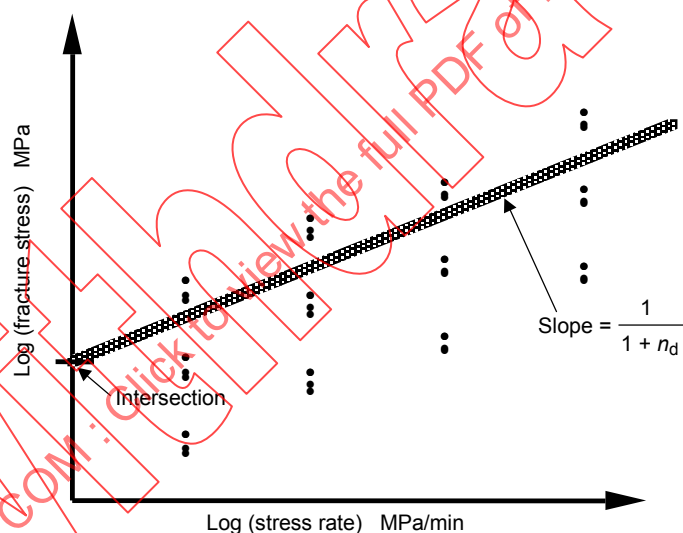
- la vitesse de mise sous tension;
- la taille de l'échantillon par vitesse de mise sous tension;
- l'écart type de l'estimation;
- $\bar{X}$ et $\bar{Y}$;
- la longueur à l'essai;
- l'environnement d'essai;
- le temps de pré-conditionnement d'environnement;
- la méthode de calcul de la contrainte à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



A.5 Results

The following data shall be provided upon request:

- strain rates;
- sample size per strain rate;
- standard error of estimate;
- $\bar{X}$ and $\bar{Y}$;
- gauge length;
- test environment;
- environmental pre-conditioning 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.



IEC 1388/01

Figure A.4 – Representation of dynamic fatigue graph

Annexe B (normative)

Valeur n de fatigue dynamique par flexion en deux points

La présente procédure fournit une méthode de mesure du paramètre de fatigue dynamique (valeur n dynamique, n_d) des fibres optiques par flexion en deux points avec des vitesses constantes de plateau. Cette méthode est destinée à évaluer la tenue à la 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.

B.1 Appareillage

La figure B.1 illustre le schéma d'un appareil d'essai possible. Cet équipement est conçu pour mesurer l'allongement/la 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.

B.1.1 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.

B.1.2 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.

B.1.3 Plateau fixe

Ce dispositif maintient la fibre contre le plateau mobile.

B.1.4 Vitesse du plateau

Placer la fibre 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 $\mu\text{m/s}$, 10 $\mu\text{m/s}$, 100 $\mu\text{m/s}$, 1 000 $\mu\text{m/s}$, chaque vitesse ayant une précision de $\pm 10\%$.

B.1.5 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.

B.1.5.1 Méthode 1

Utiliser un détecteur acoustique ou un transducteur et un ordinateur pour détecter la rupture de la fibre et la position du plateau au moment de la rupture; l'ordinateur arrête ensuite le plateau et affiche l'écartement des plateaux au moment de la rupture.

Annex B (normative)

Dynamic n value by two-point bending

This procedure provides a method for measuring the dynamic fatigue parameters (dynamic n value, n_d) of optical fibre in two-point bending at a constant platen velocity. 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.

B.1 Apparatus

A possible test apparatus is schematically shown in figure B.1. 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.

B.1.1 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.

B.1.2 Stepper-motor-driven moving platen

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

B.1.3 Stationary platen

This device holds the fibre against the moving platen.

B.1.4 Platen velocity

Place the fibre 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 $\mu\text{m/s}$, 10 $\mu\text{m/s}$, 100 $\mu\text{m/s}$, 1 000 $\mu\text{m/s}$, each accurate to $\pm 10\%$.

B.1.5 Fibre fracture detecting system

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

B.1.5.1 Method 1

Use an acoustic emission detector or transducer and computer to sense the fibre break and platen position at time of break. The computer then stops the platen and displays the platen separation at the time of the break.

B.1.5.2 Méthode 2

Incorporer un transducteur de force (pression) au plateau fixe et le connecter 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.

B.1.5.3 Méthode 3

L'injection de lumière dans la fibre soumise à l'essai et la surveillance du signal de sortie constituent 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:

$$d = \text{position de départ du plateau} - \text{déplacement du plateau} \quad (\text{B.1})$$

B.2 Echantillon à l'essai

L'échantillon à l'essai est constitué d'une longueur de fibre optique revêtue, d'environ 30 mm à 120 mm de longueur. 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 spécimens.

B.3 Procédure

B.3.1 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.

B.3.2 Sauf prescription contraire dans la spécification particulière, régler l'écartement initial entre plateaux à 12,00 mm, en incluant les profondeurs des cannelures.

B.3.3 Avant de soumettre à l'essai une population de fibres, pour une vitesse de plateaux 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 (B.2), (B.3) et (B.4)). Une séparation initiale des plateaux (au départ), peut être déterminée à partir des équations (B.2), (B.3), (B.4) et (B.5) 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 les vitesses de plateaux 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 plateaux plus rapide associée à une charge réduite. Par exemple, si une vitesse de plateaux de $1 \mu\text{m/s}$ est spécifiée, soumettre à l'essai quelques éprouvettes à la vitesse immédiatement supérieure ($10 \mu\text{m/s}$) 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 soumises à l'essai initial à la vitesse immédiatement supérieure.

B.1.5.2 Method 2

Incorporate a force (pressure) transducer into the stationary platen and connect it to a 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.

B.1.5.3 Method 3

Launching light through a fibre during the test and monitoring the output signal is 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:

$$d = \text{platen starting position} - \text{platen travel} \quad (\text{B.1})$$

B.2 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 specimens.

B.3 Procedure

B.3.1 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.

B.3.2 Unless otherwise specified in the detail specification, set the initial fibre platen opening gap to 12,00 mm including groove depths.

B.3.3 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 (equation (B.2), (B.3) and B.4)). An initial (starting) platen separation can be determined from equations (B.2), (B.3), (B.4) and (B.5) 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.

B.3.4 Tenir avec précaution les deux extrémités de l'éprouvette à l'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 B.2. Ne pas toucher la partie de la fibre en courbure (longueur entre repères) avec les doigts pendant la manipulation ou la mise en place des fibres. Il convient que le sommet de la fibre soit toujours positionné au même emplacement 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.

B.3.5 Après la 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.

B.3.6 Recommencer les étapes B.3.1 à B.3.5 pour chaque échantillon de fibres pour la vitesse de charge spécifiée et, pour tous les échantillons, aux autres vitesses de charge spécifiées.

B.3.7 Calculer la contrainte à la rupture de la fibre, σ_f , pour chaque rupture. Utiliser les équations B.2 à B.4.

B.3.8 Calculer l'ensemble des paramètres statistiques prescrit. Utiliser les équations B.5 et B.6.

B.4 Calculs

B.4.1 Contrainte à la rupture

Calculer la contrainte à la rupture de chaque fibre par:

$$\sigma_f = E_o \times \varepsilon_f (1 + 0,5 \times \alpha' \times \varepsilon_f) \quad (\text{B.2})$$

$$\varepsilon_f = 1,198 \frac{d_f}{d - d_c + 2d_g} \quad (\text{B.3})$$

$$\alpha' = 0,75 \times \alpha - 0,25 \quad (\text{B.4})$$

où

σ_f est la contrainte à la rupture, en GPa;

E_o 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, en μm ;

d est la distance entre plateaux au moment de la rupture de la fibre, en μm ;

d_c est le diamètre total de la fibre y compris tout revêtement, en μm ;

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

B.4.2 Paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte dynamique (flexion en deux points) n_d

La contrainte à la rupture médiane $\sigma_f(0,5)$ variera généralement en fonction de la vitesse constante du plateau, V , selon la formule suivante:

$$\text{Log} \sigma_f(0,5) = \frac{1}{n_d - 1} \times \log \frac{V}{r} + \text{intersection} \quad (\text{B.5})$$

B.3.4 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 B.2. 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.

B.3.5 After the specimen has broken, brake the stepper-motor to a stop and record the platen separation at the break.

B.3.6 Repeat steps B.3.1 to B.3.5 for each fibre sample at the specified load rate, and for all samples at the other specified load rates.

B.3.7 Calculate the fibre fracture stress, σ_f , for each break, using equations (B.2) to (B.4).

B.3.8 Complete the required population statistic calculations, using equations (B.5) to (B.6).

B.4 Calculations

B.4.1 Fracture stress

Calculate the fracture stress of each fibre by:

$$\sigma_f = E_0 \times \varepsilon_f (1 + 0,5 \times \alpha' \times \varepsilon_f) \quad (\text{B.2})$$

$$\varepsilon_f = 1,198 \frac{d_f}{d - d_c + 2d_g} \quad (\text{B.3})$$

$$\alpha' = 0,75 \times \alpha - 0,25 \quad (\text{B.4})$$

where

- σ_f is the fracture stress in GPa;
- E_0 is the Young's modulus (72 GPa);
- ε_f is the fracture strain at the apex of the 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 in μm ;
- d is the distance between platen at fibre fracture in μm ;
- d_c is the overall fibre diameter including any coating in μm ;
- $2d_g$ is the total depth of both grooves in μm (see figure B.2).

B.4.2 Dynamic (two-point bending) stress corrosion susceptibility parameter, n_d

The median fracture stress, $\sigma_f(0,5)$, will generally vary with constant platen velocity, V , according to:

$$\text{Log} \sigma_f(0,5) = \frac{1}{n_d - 1} \times \log \frac{V}{r} + \text{intersection} \quad (\text{B.5})$$

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 B.3.

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

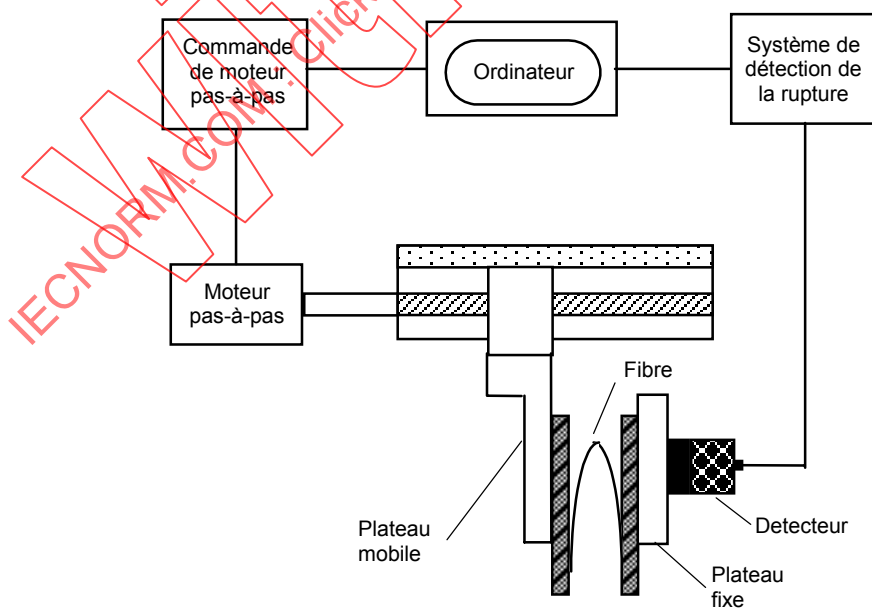
$$\text{intersection} = \bar{Y} - (\text{pente}) \times \bar{X} \quad (\text{B.6})$$

Sauf prescription contraire, utiliser l'algorithme de l'article F.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 F.2 pour déterminer la valeur de cet écart type.

B.5 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis sur demande:

- les vitesses du plateau;
- la taille de l'échantillonnage pour chaque vitesse de plateau;
- l'écart type sur l'estimation;
- l'environnement d'essai;
- le temps de pré-conditionnement d'environnement;
- le module de Young de la fibre de verre (si l'on suppose qu'il est différent de celui fourni à l'article F.3);
- (le cas échéant) les courbes de Weibull pour toutes les vitesses de plateau;
- $\bar{X}$ et $\bar{Y}$;
- le diamètre de la fibre (verre).



IEC 1389/01

Figure B.1 – Schéma de l'appareil de flexion en deux points

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 B.3.

Intercept can be calculated from:

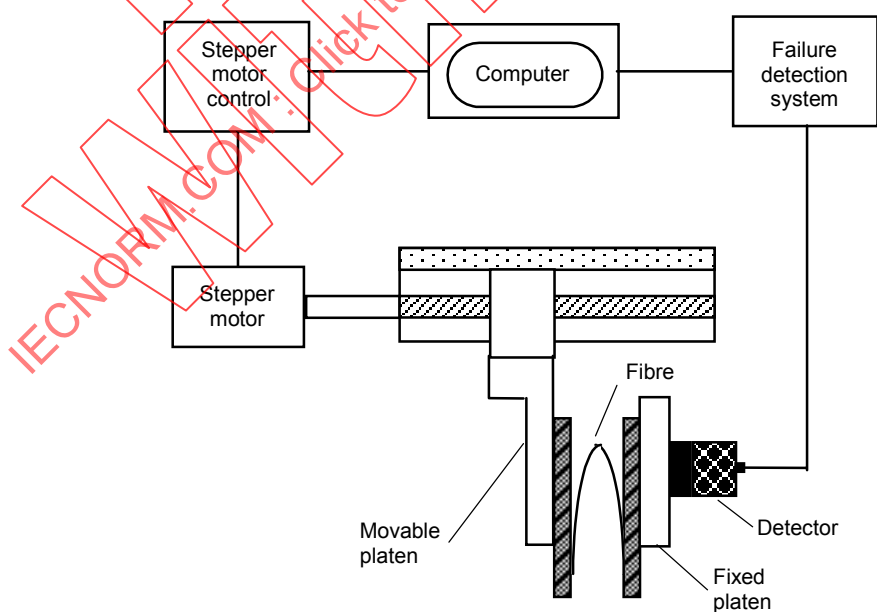
$$\text{intersection} = \bar{Y} - (\text{slope}) \times \bar{X} \quad (\text{B.6})$$

Unless otherwise specified, use the algorithm in F.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 of slope $\log \sigma_f$ vs. $\log V$ shall be less than 0,0017. Refer to F.2 to determine the standard error of estimate.

B.5 Results

The following data shall be provided upon request:

- platen velocities;
- sample size for each platen velocity;
- the standard error of estimate;
- test environment;
- environmental pre-conditioning time;
- Young's Modulus of fibre glass (if assumed other than what is given in F.3);
- Weibull plots for all platen velocities (if used);
- $\bar{X}$ and $\bar{Y}$;
- fibre (glass) diameter.



IEC 1389/01

Figure B.1 – Schematic of two-point bending unit

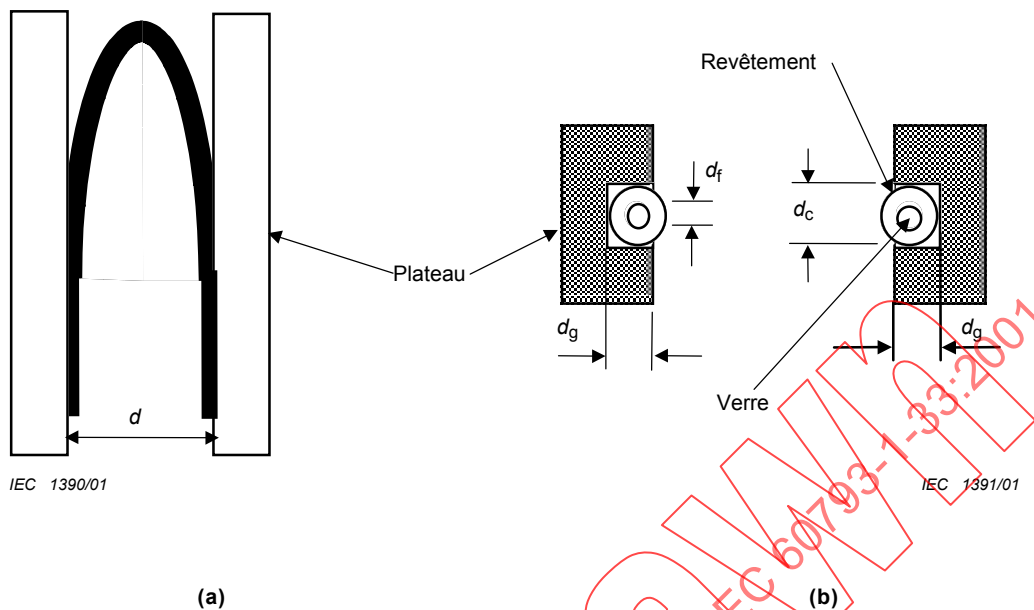


Figure B.2 – Schéma des plateaux

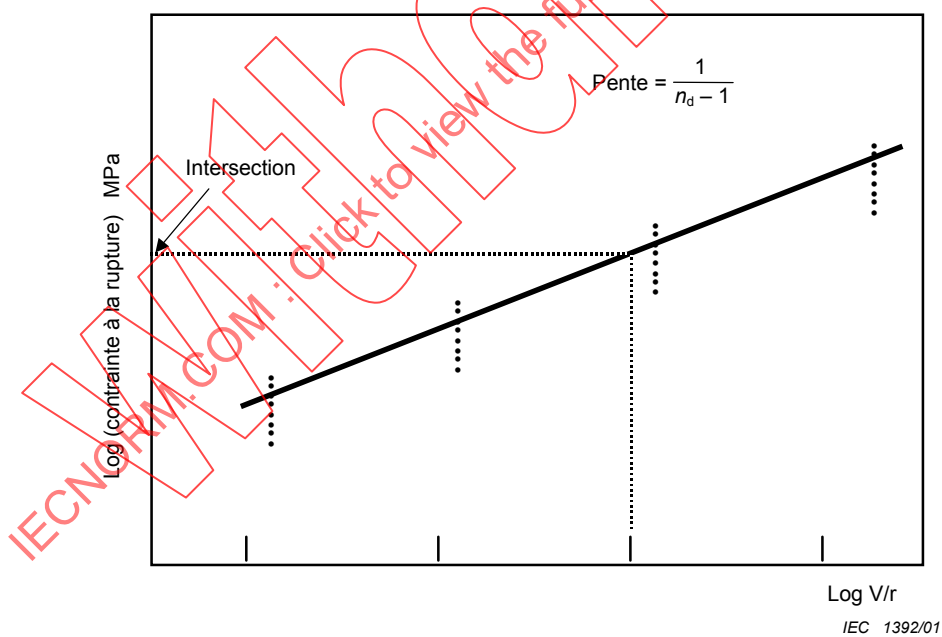


Figure B.3 – Représentation graphique des données de fatigue dynamique

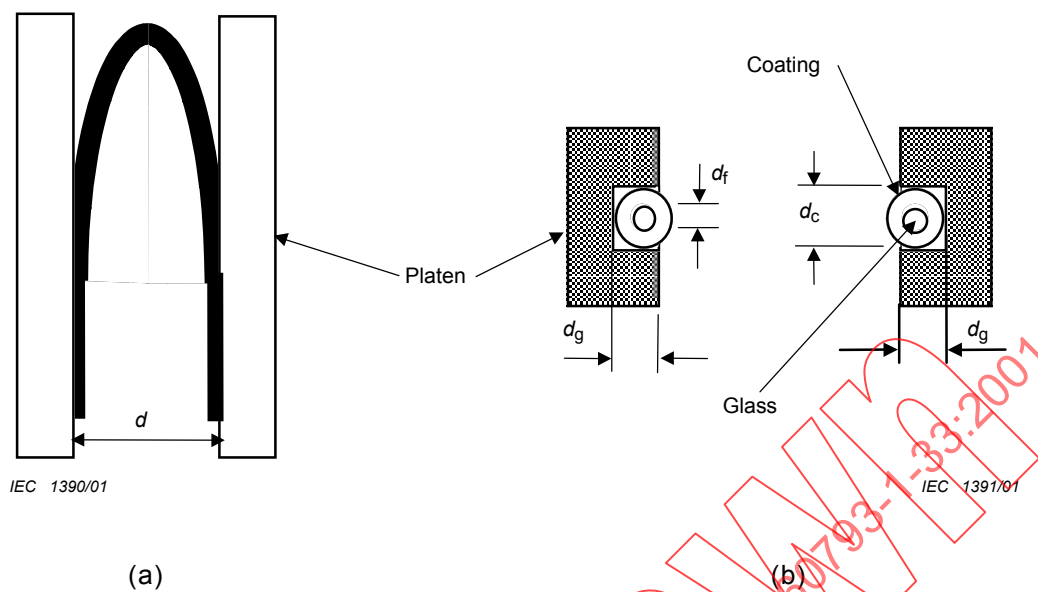


Figure B.2 – Schematic of surface platen

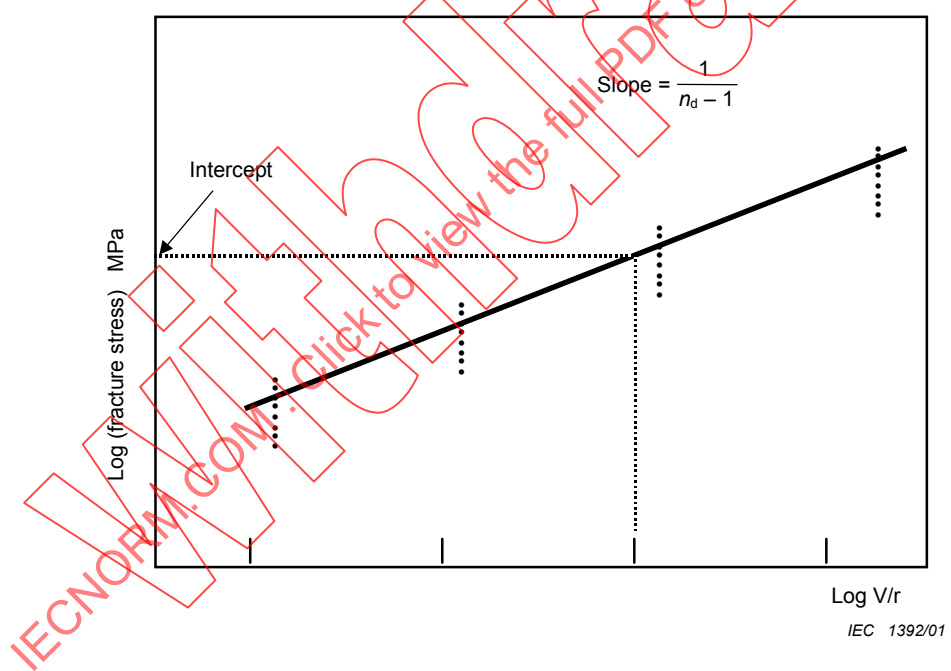


Figure B.3 – Dynamic fatigue data schematic

Annexe C (normative)

Valeur n de fatigue statique par tension axiale

Cette méthode permet de déterminer le paramètre de fatigue statique (valeur n statique, n_s) de longueurs, individuellement pour chaque fibre optique sous tension. Cette méthode est destinée à vérifier la tenue des fibres à la fatigue statique par variation des niveaux de tension appliqués.

C.1 Appareillage

Des équipements d'essai possibles sont illustrés schématiquement à la figure B.2. 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.

C.1.1 Fixation de la fibre aux deux extrémités

Voir A.1.1.

C.1.2 Mise en tension de la fibre

La tension est appliquée à la fibre en suspendant un poids de valeur connue à un cabestan (voir figure C.1). Plusieurs éprouvettes sont soumises à l'essai 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, pris individuellement pour chaque éprouvette doivent être notés pour l'utilisation lors du calcul. Se reporter à C.4.2.

C.1.3 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 consiste à placer des chronomètres sous les poids suspendus utilisés pour appliquer la tension à la fibre.

C.2 Echantillon à l'essai

C.2.1 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 spécimens.

C.3 Procédure

Utiliser pour l'essai au minimum cinq niveaux différents de tension nominale σ_a . Choisir les tensions nominales 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 standards en silice s'échelonnent de 30 N à 50 N.

Annex C (normative)

Static n value by axial tension

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

C.1 Apparatus

Possible arrangements of test equipment are schematically shown in figure B.2. Each arrangement 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.

C.1.1 Gripping the fibre at both ends

See A.1.1.

C.1.2 Stressing the fibre

The stress is applied on the fibre by hanging a known weight on one capstan (see figure C.1). 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 method, the individual stress levels for each specimen shall be recorded for use in the computation. See C.4.2.

C.1.3 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.

C.2 Test sample

C.2.1 Sample size for each nominal stress level

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

C.3 Procedure

Test a minimum of five different nominal applied stress levels, σ_a . Choose the nominal stresses 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.

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, en variante, 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 pré-conditionnement, 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 se sont rompues, 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.

C.4 Calculs

C.4.1 Contrainte à la rupture

Voir A.4.1.

C.4.2 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 l'article A.4).

C.4.3 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:

$$-n_s \ln(\sigma_i) + \text{intersection} = \ln(t_i) \quad (\text{C.1})$$

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:

$$\text{intersection} = \text{valeur médiane} [\ln(t_i)] + n_s \text{ valeur médiane} [\ln(\sigma_i)] \quad (\text{C.2})$$

C.5 Résultats

Les renseignements suivants doivent être présentés:

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

Les renseignements suivants doivent être fournis sur demande:

- le diamètre de la fibre;
- le diamètre du revêtement (s'il est pris en compte);
- l'environnement d'essai;
- la longueur à l'essai;

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 pre-conditioning, load the fibres into the unit. Monitor and record the time to fracture for each fibre fracture. When 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 carried out and a median time to fracture determined before all the remaining samples fail. The standard error of the estimate shall be computed and reported for each measurement. Unless otherwise specified in the detail specification, the standard error of the estimate shall be less than 1.

C.4 Calculations

C.4.1 Fracture stress

See A.4.1.

C.4.2 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, can be used to determine n_s (see A.4).

C.4.3 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 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:

$$+ n_s \ln(\sigma_i) + \text{intercept} = \ln(t_i) \quad (\text{C.1})$$

The standard error of the estimate 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 as follows:

$$\text{intercept} = \text{median} [\ln(t_i)] + n_s \text{ median} [\ln(\sigma_i)] \quad (\text{C.2})$$

C.5 Results

The following data shall be reported:

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

The following data shall be provided upon request:

- fibre diameter;
- coating diameter (if it is taken into account);
- test environment;
- gauge length;

- la taille de l'échantillon initial pour chaque niveau de tension nominale, et le nombre de niveaux de tension nominale;
- le temps de pré-conditionnement d'environnement, le cas échéant;
- la 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;
- les niveaux de contrainte nominale.

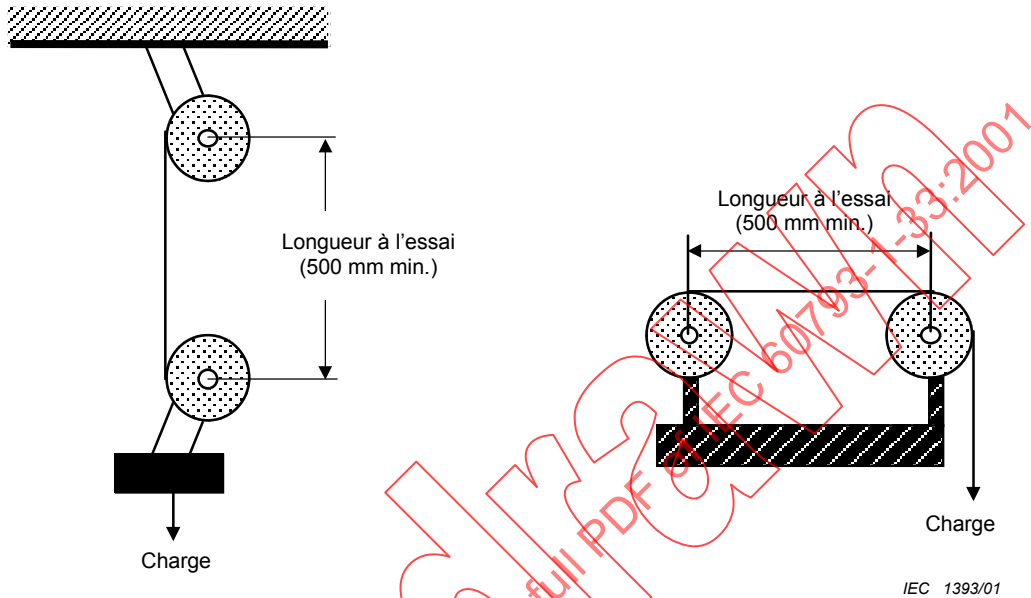


Figure C.1 – Schéma des appareils d'essai de fatigue statique (tension) possibles

- initial sample size for each nominal stress level and the number of nominal stress levels;
- environmental pre-conditioning time, where applicable;
- 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.

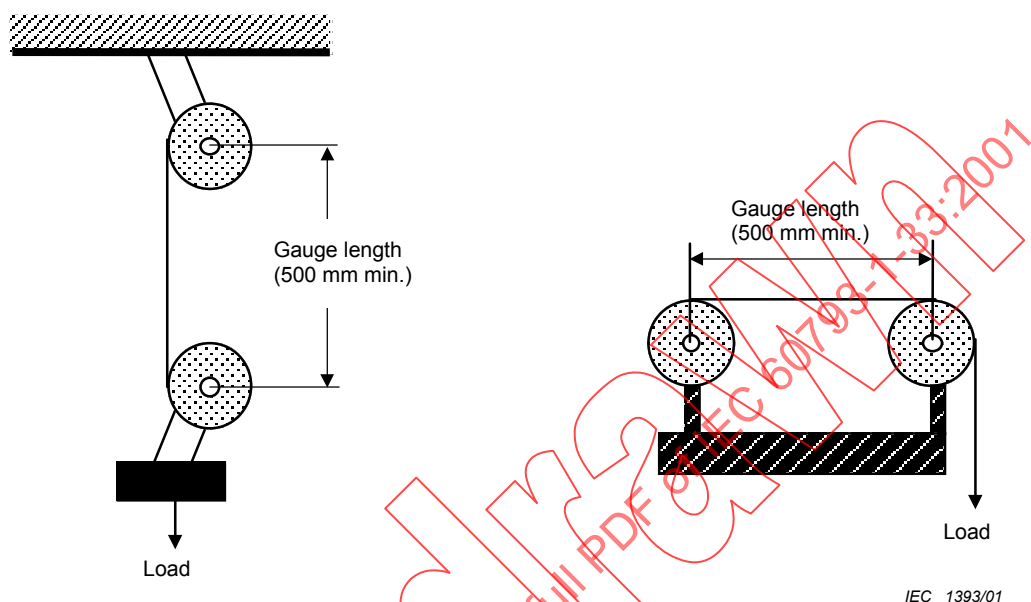


Figure C.1 – Schematic of possible static fatigue (tension) apparatus

Annexe D (normative)

Valeur n de fatigue statique par flexion en deux points

Cette procédure décrit une méthode pour déterminer le paramètre de fatigue statique des fibres optiques (valeur n statique, n_s) par flexion en deux points.

D.1 Appareillage

D.1.1 Equipement d'essai

La figure D.1 illustre de manière schématique un équipement d'essai éventuellement utilisable. 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 fraisées avec précision en lieu et place des plateaux parallèles illustrés à la figure D.1. Dans ce cas, les parois des tubes ont la même fonction que les plateaux parallèles.

D.1.2 Détection de la rupture de la fibre

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.

D.2 Echantillon à l'essai

L'échantillon à l'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 spécimens.

D.3 Procédure

Utiliser pour l'essai au moins cinq niveaux différents de contrainte nominale. Choisir les contraintes nominales 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 (B.2), (B.3) et (B.4). Si des tubes alésés de précision ou des plaques de métal alésées avec précision sont utilisés, la valeur d_0 dans l'équation (B.3) 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.

D.4 Calculs

D.4.1 Contrainte à la rupture

Voir B.4.1.

Annex D (normative)

Static n value by two-point bending

This procedure provides a method for determining the static fatigue parameters (static n value, n_s) of optical fibres in two-point bending.

D.1 Apparatus

D.1.1 Test equipment

A possible test equipment schematic is shown in figure D.1. 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 plates.) Precision-bore glass tubes or precision-reamed metal plates may be used in place of the parallel plates shown in figure D.1. In this case, the walls of the tubes serve the same function as the parallel plates.

D.1.2 Fibre fracture detection

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.

D.2 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, a sample size of at least 15 shall be used for each nominal stress level.

D.3 Procedure

Test a minimum of five different nominal stress levels. Choose the nominal stresses so 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 (B.2), (B.3) and (B.4). If precision-bore tubing or precision-reamed metal is used, d_g in equation (B.3) is equal to zero (0). Upon completion of pre-conditioning, 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.

D.4 Calculations

D.4.1 Fracture stress

See B.4.1.

D.4.2 Paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte statique (flexion en deux points), n_s

Voir C.4.2.

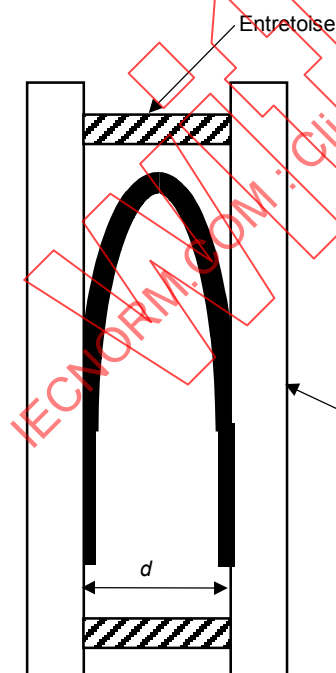
D.5 Résultats

Les renseignements suivants doivent être présentés:

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

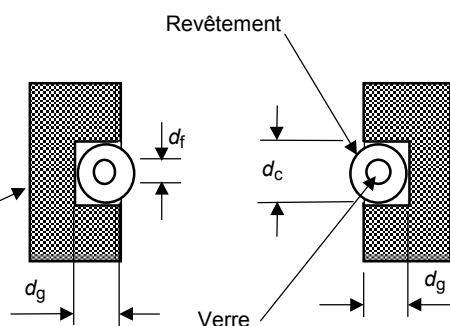
Les renseignements suivants doivent être fournis sur demande:

- le diamètre de la fibre (verre);
- le diamètre du revêtement;
- l'environnement d'essai;
- le module d'élasticité de la fibre;
- la taille de l'échantillon initial pour chaque niveau de contrainte nominale et le nombre de niveaux de contrainte nominale;
- la méthode de calcul de n_s ;
- le paramètre de Weibull m_s , à partir de G.2, pour chaque valeur de contrainte essayée;
- l'écart type sur l'estimation de n_s ;
- les niveaux de contrainte nominale.



IEC 1394/01

Figure D.1a – Vue de face



IEC 1395/01

Figure D.1b – Coupe

Figure D.1 – Schéma d'un appareillage possible d'essai de fatigue statique (flexion en deux points)

D.4.2 Static (two-point bending) stress corrosion susceptibility parameter, n_s

See C.4.2.

D.5 Results

The following data shall be reported:

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

The following data shall be provided 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 G.2, for each strain value tested;
- the standard error of the estimate of n_s ;
- nominal stress levels.

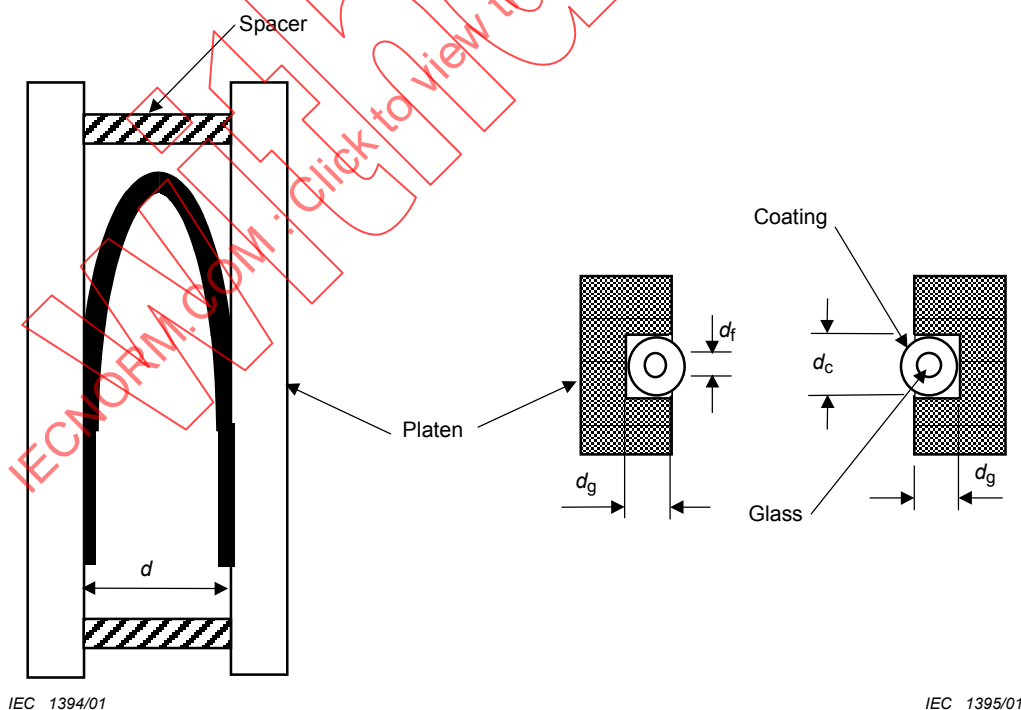


Figure D.1a – Plan

Figure D.1b – Section

Figure D.1 – Schematic of possible static fatigue (two-point bending) apparatus

Annexe E (normative)

Valeur n de fatigue statique par courbure uniforme

La présente procédure décrit une méthode de détermination du paramètre de fatigue statique (valeur n statique, n_s) de longueurs individuelles de fibre optique sous courbure uniforme.

E.1 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 E.1).

E.1.1 Support de l'échantillon

Fixer la longueur de fibre soumise à l'essai 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. Utiliser une fixation qui ne permet pas le glissement de la fibre avant la rupture et minimise les risques de rupture de la fibre à ce niveau. Enregistrer les ruptures qui apparaissent au niveau de la fixation mais ne pas considérer cette partie de la fibre comme faisant partie de l'échantillon ni l'utiliser pour des calculs ultérieurs.

Un mécanisme d'enroulement de la fibre à l'essai sur le mandrin est nécessaire. Enrouler la fibre avec un pas minimal sans croisement. 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.

E.1.2 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, utiliser une tolérance de $\pm 0,5$ % de la valeur nominale sur les diamètres des mandrins pour un niveau de contrainte donné. Pour la méthode dite homologue et la méthode d'estimation de la probabilité maximale, enregistrer les niveaux individuels des contraintes sur chaque éprouvette pour l'utilisation dans les calculs.

E.1.3 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 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.

E.2 Echantillon à l'essai

Sauf prescription contraire dans la spécification particulière, utiliser pour chaque niveau de contrainte nominale d'au moins 15 spécimens, et une longueur de la fibre pour chaque essai de 1 m. Le diamètre du verre doit être connu à ± 1 μm et le diamètre du revêtement doit être connu à ± 5 μm .

Annex E (normative)

Static n value by uniform bending

This procedure describes a method for determining the static fatigue parameters (static n value, n_s) of individual optical fibre lengths in uniform bending.

E.1 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 E.1).

E.1.1 Support of the sample

Grip the fibre length to be tested at both ends. The fibres can be fixed using, for example, rubber rings or glue or tape at the ends of the mandrel. Use a grip that does not allow the fibre to slip prior to fracture, and minimizes fibre fracture at the grip. Record breaks that occur at the grip, but do not consider it as part of the sample or use it in subsequent calculations.

A winding mechanism is needed to wind the test fibre on the mandrel. Wind the fibre with minimum pitch and without crossovers. Take care 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.

E.1.2 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, use a range of mandrel diameters for a given stress level within $\pm 0,5$ % of the nominal. For the homologous method and the maximum likelihood estimate method, record the individual stress levels for each specimen for use in the computation.

E.1.3 Measuring time to fracture

There are many techniques to monitor time to fracture which 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 method 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 yet another technique.

E.2 Test sample

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

E.3 Procédure

Utiliser pour l'essai au moins cinq niveaux différents de tension nominale. Choisir les tensions nominales de façon que les temps médians à la rupture s'échelonnent de 1 h environ à 30 jours environ.

E.4 Calculs

E.4.1 Contrainte à la rupture

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

$$\sigma_f = E_0 \times \varepsilon_f (1 + 0,5 \times \alpha'' \times \varepsilon_f) \quad (\text{E.1})$$

$$\varepsilon_f = \frac{d_f}{D + d_c} \quad (\text{E.2})$$

$$\alpha'' = 0,75 \alpha \quad (\text{E.3})$$

où

σ_f est la contrainte à la rupture, en 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, en μm ;

D est le diamètre du mandrin, en μm ;

d_c est le diamètre total de la fibre y compris tout revêtement, en μm .

E.4.2 Paramètre de résistance à la corrosion sous contrainte statique (flexion uniforme) n_s

Voir C.4.2.

E.5 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis sur demande:

- le diamètre de la fibre (verre);
- le diamètre du revêtement;
- les diamètres des mandrins;
- l'environnement d'essai;
- l'écart type sur l'estimation de n_s ;
- la longueur de la fibre enroulée sur les mandrins;
- la force d'enroulement;
- la taille de l'échantillon initial pour chaque groupe d'essais et le nombre de groupe d'essais;
- le nombre de mandrins dans les lots de chaque diamètre de mandrin.

E.3 Procedure

Test a minimum of five different nominal stress levels. Choose nominal stresses such that the median times to fracture range from about 1 h to about 30 days.

E.4 Calculations

E.4.1 Fracture stress

Calculate the fracture stress of each fibre using the following equation :

$$\sigma_f = E_0 \times \varepsilon_f (1 + 0,5 \times \alpha'' \times \varepsilon_f) \quad (\text{E.1})$$

$$\varepsilon_f = \frac{d_f}{D + d_c} \quad (\text{E.2})$$

$$\alpha'' = 0,75 \alpha \quad (\text{E.3})$$

where

σ_f is the fracture stress in 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 in μm ;

D is the mandrel diameter in μm ;

d_c is the overall fibre diameter including any coating in μm .

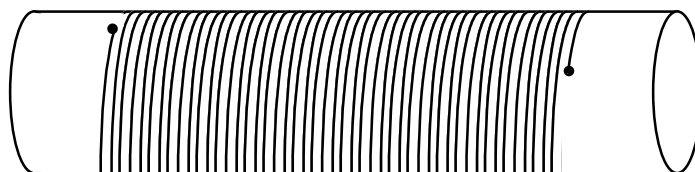
E.4.2 Static (uniform bending) stress corrosion susceptibility parameter, n_s

See C.4.2.

E.5 Results

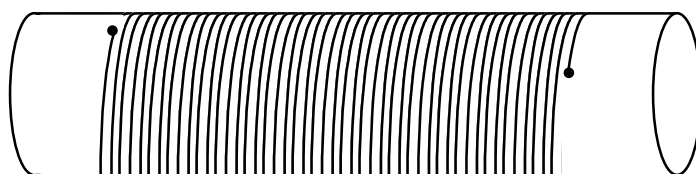
The following data shall be provided upon request :

- fibre (glass) diameter;
- coating diameter;
- mandrel diameters;
- test environment;
- the standard error of the estimate of n_s ;
- length of fibre wound on mandrels;
- winding force;
- initial sample size for each test set and the number of test sets;
- number of mandrels in each batch of mandrel diameters.



IEC 1396/01

Figure E.1 – Schéma d'un appareillage possible d'essai de fatigue statique (courbure uniforme)



IEC 1396/01

Figure E.1 – Schematic of possible static fatigue (uniform bending) apparatus

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-33:2001

Annexe F (informative)

Considérations pour les calculs relatifs à la fatigue dynamique

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

F.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 essais 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 à l'essai. La longueur à l'essai affecte également le résultat, étant donné qu'en général la contrainte à la rupture mesurée décroît lorsque la longueur à l'essai croît.

F.1.2 Taille de l'échantillonnage

Il n'est pas possible dans la pratique de présélectionner des défauts identiques pour les soumettre aux essais à chacune des vitesses de mise sous tension. Par contre, il est exigé que l'échantillonnage permette d'évaluer 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 mise sous tension. 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 F.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_d , ainsi que la taille de l'échantillon par vitesse de mise sous tension. 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 (A.1). Quatre vitesses de mise sous tension, différant chacune d'un ordre de grandeur, sont utilisées dans la simulation.

Annex F

(informative)

Considerations for dynamic fatigue calculations

F.1 Specimen size and sample size

F.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.

F.1.2 Sample size

In practice, identical flaws cannot be pre-selected 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 F.1 gives a typical confidence interval for various combinations of dynamic stress corrosion susceptibility parameter, n_d , the Weibull slope, m_d 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 (A.1). Four strain rates, each separated by an order of magnitude, are used in the simulation.

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

Réal n_d	m_d	Taille de l'échantillon pour chaque vitesse de mise sous tension			
		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

F.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 mise sous tension.

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

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

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

Table F.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 – 36,5	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

F.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 stress rate for 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.

Soit $x_i = \log \sigma_a$

$$\text{Soit } N = \sum N_i \quad \text{Soit } \bar{Y} = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^{N_i} \frac{y_{ij}}{N} \quad \text{Soit } \bar{X} = \sum \frac{(N_i x_i)}{N}$$

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

$$\text{Soit } XY = \left(\sum_{i=0}^L \sum_{j=0}^{N_i} x_i y_{ij} \right) - N\bar{X}\bar{Y}$$

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

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} représentent l'intervalle de confiance à 95 % de la valeur estimée, n_d .

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

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

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

Compensation pour la partie chargée par le revêtement:

Calculer la fraction F , de la tension supportée par le revêtement de protection:

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

où

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

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

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

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

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

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