

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61300-2-24

Première édition
First edition
1999-10

**Dispositifs d'interconnexion et composants
passifs à fibres optiques –
Méthodes fondamentales d'essais et de mesures –**

**Partie 2-24:
Essais – Essai de sélection du manchon fendu
d'alignement en céramique par l'application
de contrainte**

**Fibre optic interconnecting devices and
passive components –
Basic test and measurement procedures –**

**Part 2-24:
Tests – Screen testing of ceramic alignment split
sleeve by stress application**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61300-2-24:1999

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

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

Consolidated publications

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61300-2-24

Première édition
First edition
1999-10

**Dispositifs d'interconnexion et composants
passifs à fibres optiques –
Méthodes fondamentales d'essais et de mesures –**

**Partie 2-24:
Essais – Essai de sélection du manchon fendu
d'alignement en céramique par l'application
de contrainte**

**Fibre optic interconnecting devices and
passive components –
Basic test and measurement procedures –**

**Part 2-24:
Tests – Screen testing of ceramic alignment split
sleeve by stress application**

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

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de 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

N

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application et objet	8
2 Description générale	8
3 Matériel.....	8
4 Procédure	12
5 Détails à spécifier	14
Annexe A (informative) Fatigue statique pour le manchon d'alignement en zircon	16

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope and object	9
2 General description	9
3 Apparatus	9
4 Procedure	13
5 Details to be specified	15
Annex A (informative) Static fatigue for zirconia alignment sleeve	17

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS D'INTERCONNEXION ET COMPOSANTS PASSIFS À FIBRES OPTIQUES – MÉTHODES FONDAMENTALES D'ESSAIS ET DE MESURES –

Partie 2-24: Essais – Essai de sélection du manchon fendu d'alignement en céramique par l'application de 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 61300-2-24 a été établie par le sous-comité 86B: Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86B/1242/FDIS	86B/1277/RVD

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**FIBRE OPTIC INTERCONNECTING DEVICES
AND PASSIVE COMPONENTS –
BASIC TEST AND MEASUREMENT PROCEDURES –****Part 2-24: Tests – Screen testing of ceramic alignment split sleeve
by stress application**

FOREWORD

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

International Standard IEC 61300-2-24 has been prepared by subcommittee 86B: Fibre optic interconnecting devices and passive components, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

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

FDIS	Report on voting
86B/1242/FDIS	86B/1277/RVD

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

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

La CEI 61300 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures*:

- Partie 1: Généralités et guide
- Partie 2: Essais
- Partie 3: Examens et mesures

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 61300-2-24:1999

IEC 61300 consists of the following parts, under the general title *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures*:

- Part 1: General and guidance
- Part 2: Tests
- Part 3: Examinations and measurements

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.

Withdrawn
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61300-2-24:1999

DISPOSITIFS D'INTERCONNEXION ET COMPOSANTS PASSIFS À FIBRES OPTIQUES –

MÉTHODES FONDAMENTALES D'ESSAIS ET DE MESURES –

Partie 2-24: Essais – Essai de sélection du manchon fendu d'alignement en céramique par l'application de contrainte

1 Domaine d'application et objet

L'objet de la présente partie de la CEI 61300 est d'identifier, dans un manchon fendu d'alignement en céramique, les faiblesses susceptibles d'entraîner une défaillance en amont du composant.

2 Description générale

Les manchons d'alignement en céramique sont des composants importants souvent utilisés dans le raccord des jeux de connecteurs optiques fiche-raccord-fiche. En utilisant la méthode décrite, le composant est soumis à une contrainte d'essai plus importante que celle que l'on rencontrerait dans des conditions de service normales. Cela permet aux produits défectueux d'être éliminés.

3 Matériel

L'appareillage et le montage nécessaires à l'exécution de cette procédure de sélection sont présentés à la Figure 1. Le matériel nécessaire comprend les éléments suivants:

- a) un calibre de référence en céramique ayant une section de maintien du manchon, une section progressive et une section d'application de contrainte. Le diamètre de chaque section dépend des dimensions du produit soumis à la sélection. Il convient que la longueur de la section de maintien du manchon et celle de la section d'application de contrainte soient plus grandes que le composant en essai;
- b) les plaques A et B, chacune ayant un trou d'évidement au centre pour permettre à la plaque de déplacer un échantillon de manchon fendu d'alignement en céramique sur le calibre de référence.

**FIBRE OPTIC INTERCONNECTING DEVICES
AND PASSIVE COMPONENTS –
BASIC TEST AND MEASUREMENT PROCEDURES –**

**Part 2-24: Tests – Screen testing of ceramic alignment split sleeve
by stress application**

1 Scope and object

The purpose of this part of IEC 61300 is to identify weaknesses in a ceramic alignment split sleeve which could lead to early failure of the component.

2 General description

Ceramic alignment sleeves are important components often used in the adaptor of plug-adaptor-plug optical connector sets. By using the method described, the component is subjected to a proof stress greater than would be experienced under normal service conditions. This enables weak products to be screened out.

3 Apparatus

The apparatus and arrangement necessary to perform this screening procedure are shown in Figure 1. The material needed consists of the following:

- a) a reference gauge made of ceramic with a sleeve-holding section, a tapered section and a stress-applying section. The diameter of each section is dependent on the dimensions of the product being screened. The length of the sleeve-holding section and the stress-applying section should be greater than the component being tested;
- b) plates A and B, each having a clearance hole in the centre to allow the plate to move a sample of a ceramic alignment split sleeve on the reference gauge.

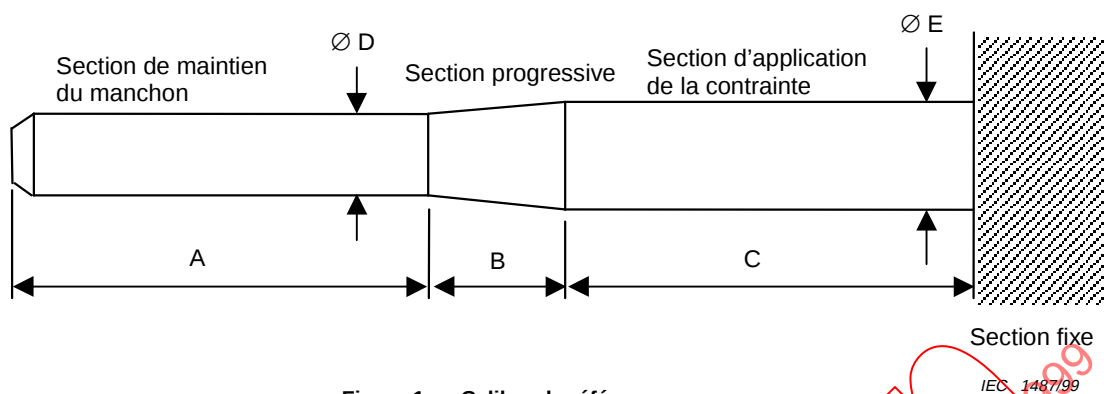


Figure 1a – Calibre de référence

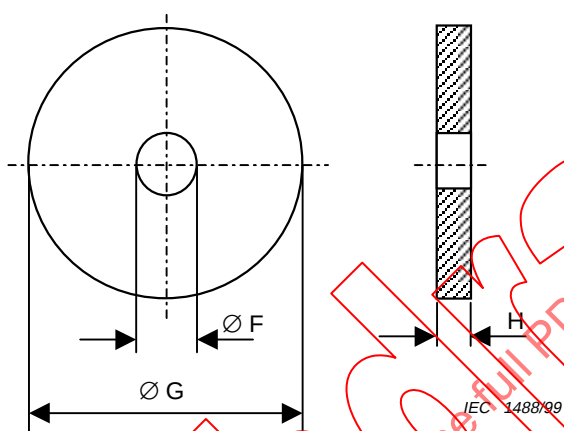


Figure 1b – Plaque A et plaque B

Figure 1 – Appareillage utilisé pour l'essai de sélection d'un manchon d'alignement en céramique

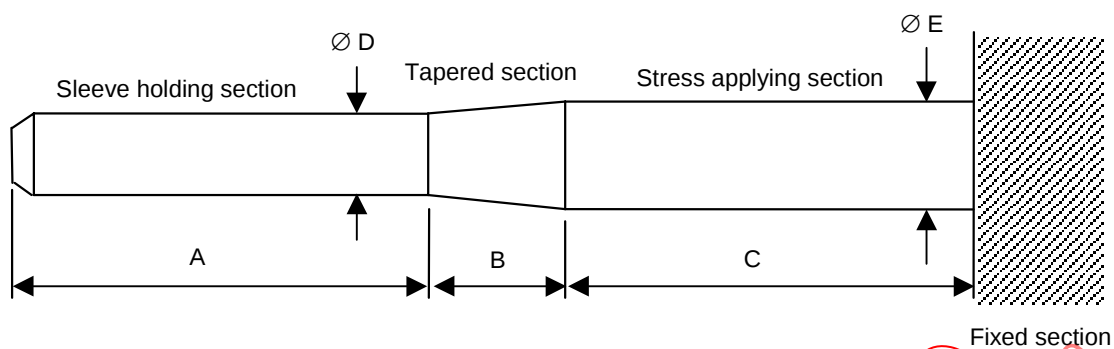


Figure 1a – Reference gauge

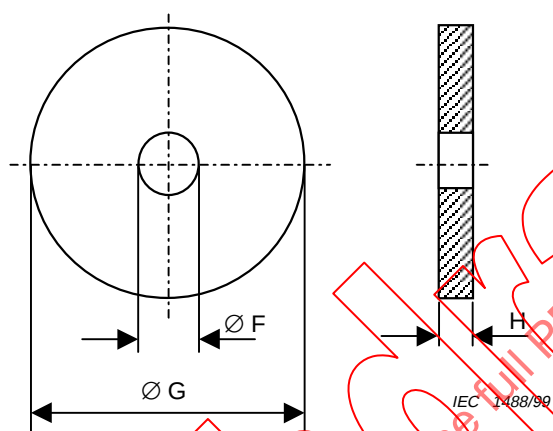


Figure 1b – Plate A and plate B

Figure 1 – Apparatus used for screen testing of a ceramic alignment sleeve

Le Tableau 1 présente un exemple de la dimension du calibre de référence et de la plaque pour le manchon fendu en céramique. Une dimension recommandée du diamètre de la section d'application de la contrainte (E) est présentée au Tableau 2 pour un manchon d'alignement en céramique communément utilisé, alors que la dimension diffère en fonction de la contrainte d'essai d'épreuve.

Tableau 1 – Exemple de dimension du calibre de référence et de la plaque pour manchon en céramique

Référence	Dimension mm	Notes
A	14	
B	5	
C	14	
D	–	1)
E	2,515	
F	–	
G	20	
H	2	

1) Un diamètre inférieur au diamètre intérieur du manchon fendu est recommandée.

Tableau 2 – Exemple de dimension d'un manchon d'alignement en céramique couramment utilisé

Données	Dimension mm
Longueur	10,1
Diamètre extérieur	3,2
Diamètre intérieur	2,49
Largeur de la section fendue	10,1

4 Procédure

Il convient que l'essai soit effectué dans des conditions de température ambiante de $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

- Insérer la plaque A dans le calibre de référence et la régler à l'extrémité fixe du calibre de référence.
- Humidifier la surface interne d'un échantillon de manchon fendu en céramique avec de l'eau distillée (par exemple à l'aide d'un bâtonnet entouré de coton).
- Le manchon de l'échantillon est inséré dans la section de maintien du manchon et placé juste en face de la section progressive du calibre de référence.
- Insérer la plaque B sur le côté gauche de l'échantillon de manchon et le déplacer sur la section d'application de la contrainte jusqu'à ce que l'échantillon touche la plaque A (dans l'intervalle de 1 s environ).
- Il convient que le manchon échantillon soit maintenu pendant 3 s dans un état de contrainte.
- Après 3 s, la contrainte appliquée à l'échantillon est supprimée par le déplacement de la plaque A vers le côté gauche (dans l'intervalle de 1 s environ).
- Au cours de la procédure d) à f), il convient que les échantillons non détériorés (sans fracture ni fissure) soient sélectionnés en tant que manchons acceptables.

Table 1 shows an example of the dimension of the reference gauge and the plate for the ceramic split sleeve. A recommended dimension of the stress-applying section diameter (E) is shown for a commonly used ceramic alignment sleeve in Table 2, while the dimension differs depending on the proof test stress.

Table 1 – Dimension example of the reference gauge and the plate for the ceramic sleeve

Reference	Dimension mm	Notes
A	14	
B	5	
C	14	
D	–	¹⁾
E	2,515	
F	–	
G	20	
H	2	
¹⁾ This diameter should be less than the inner diameter of the split sleeve.		

Table 2 – Dimension example of a commonly used ceramic alignment sleeve

Items	Dimension mm
Length	10,1
Outer diameter	3,2
Inner diameter	2,49
Split section width	10,1

4 Procedure

This test should be carried out under a $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ environmental temperature condition.

- Insert plate A into the reference gauge and set it at the fixed end of the reference gauge.
- Moisten the inside surface of a ceramic split sleeve sample with distilled water (for example using a stick with cotton).
- The sample sleeve is inserted onto the sleeve-holding part and set just in front of the tapered part of the reference gauge.
- Insert plate B into the left-hand side of the sample sleeve and move the sample sleeve onto the stress-applying part until the sample sleeve touches plate A (within approximately 1 s).
- The sample sleeve should be held for 3 s under the stressed state.
- After 3 s, stress applied to the sample sleeve is removed by moving plate A to the left-hand side (within approximately 1 s).
- In the course of the procedure from d) to f), samples without damage (breakage or crack) should be selected as acceptable sleeves.

5 Détails à spécifier

Les détails suivants doivent être spécifiés en fonction de la taille de l'échantillonnage des manchons, dans la spécification particulière:

- a) diamètre de la section de maintien du manchon du calibre de référence ($\varnothing D$);
- b) diamètre de la section d'application de contrainte du calibre de référence ($\varnothing E$);
- c) longueur de la section de maintien du manchon (A) et de la section d'application de la contrainte (C);
- d) diamètre du trou central des plaques A et B ($\varnothing F$);
- e) divergences par rapport à la méthode d'essai.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61300-2-24:1999

5 Details to be specified

The following details shall be specified depending on the sample sleeve size in the detail specification:

- a) diameter of sleeve-holding part of reference gauge ($\varnothing D$);
- b) diameter of stress-applying part of reference gauge ($\varnothing E$);
- c) length of sleeve-holding part (A) and stress-applying part (C);
- d) diameter of the center hole of plates A and B ($\varnothing F$);
- e) deviations from test procedure.

Annexe A (informative)

Fatigue statique pour le manchon d'alignement en zircon

A.1 Prédiction de la probabilité de défaillance par la fatigue statique

Les microfissures existent essentiellement à la surface ou à l'intérieur de la céramique. Par conséquent, la fracture due à la fatigue statique se produit dans les céramiques soumises à une contrainte inférieure à la résistance caractéristique des matériaux, du fait de la propagation de fissures dans les matériaux céramique [1] [2]¹⁾.

L'assurance de la fiabilité des connexions à fibres optiques exige la prédiction de la probabilité de défaillance des manchons en zircon sous contrainte lors du fonctionnement nécessaire à l'alignement des ferrules.

En supposant un alignement de ferrules de connecteurs optiques, il est permis de soumettre les manchons en zircon à une contrainte constante, désignée comme contrainte de fonctionnement σ_a . En prenant pour base les théories statistiques de Weibull et une croissance lente des fissures pour les matériaux cassants, la probabilité de défaillance cumulative F des manchons en zircon souffrant de contraintes de fonctionnement est donnée par l'équation suivante:

$$\ln \ln \frac{1}{1-F} = \frac{m}{N-1} \ln \sigma_a^N t_a + \ln \gamma \quad (\text{A.1})$$

avec

$$\gamma \equiv \frac{V_e}{\sigma_0^m \beta^{m/(N-2)}}$$

$$\beta \equiv \frac{2}{(N-2) A Y^2 K_{IC}^{(N-2)}}$$

où

t_a est la durée de fonctionnement durant laquelle la contrainte de fonctionnement σ_a est appliquée;

m , V_e , et σ_0 sont, respectivement, le module de Weibull, le volume effectif et la constante de normalisation en vue d'exprimer la probabilité de défaillance par la théorie statistique de Weibull;

Y est la constante de géométrie;

K_{IC} est le facteur d'intensité de contrainte critique;

A et N sont les constantes de propagation de fissures des matériaux cassants [2].

¹⁾ Les chiffres entre crochets renvoient aux documents de référence cités en A.5.

Annex A (informative)

Static fatigue for zirconia alignment sleeve

A.1 Prediction of failure probability by static fatigue

Micro cracks essentially exist on the surface or inside of ceramics. Therefore, fracture due to static fatigue occurs in ceramics under lower stress than the characteristic strength of the materials because of crack propagation in ceramic materials [1] [2]¹⁾.

Assurance of reliable optical fiber connections requires the prediction of failure probability of the zirconia sleeves under working stress needed to align the ferrules.

Assuming aligned ferrules of optical connectors, the zirconia sleeves are allowed to stand under a constant stress, as working stress σ_a . Based on the theories of Weibull statistics and slow crack growth for brittle materials, cumulative failure probability F of the zirconia sleeves suffering from working stress is given by the following equation:

$$\ln \ln \frac{1}{1-F} = \frac{m}{N-1} \ln \sigma_a^N t_a + \ln \gamma \quad (\text{A.1})$$

with

$$\gamma \equiv \frac{V_e}{\sigma_0^m \beta^{m/(N-2)}}$$

$$\beta \equiv \frac{2}{(N-2) A Y^2 K_{IC}^{(N-2)}}$$

where

t_a is the working time during which the working stress σ_a is applied;

m , V_e and σ_0 are the Weibull modulus, effective volume, and normalization constant to express the failure probability by the Weibull statistics theory, respectively;

Y is the geometry constant;

K_{IC} is the critical stress intensity factor;

A and N are crack propagation constants of the brittle materials [2].

¹⁾ Figures in square brackets refer to the reference documents in A.5.

Ces constantes de propagation de fissures dépendent des conditions d'environnement telles que la température, l'humidité, l'atmosphère et les caractéristiques des matériaux. Par conséquent, si les valeurs m , N et γ sont estimées, la durée de résistance à la fatigue statique des manchons est prédite. La valeur N est estimée par l'essai de fatigue dynamique qui mesure l'intensité d'une variable correspondant au manchon du coefficient de contrainte à augmentation proportionnelle σ' en MPa/s. Par ailleurs, la relation entre F , la résistance σ_f des manchons et σ' est donnée au moyen des essais destructifs de manchons. La pente m et l'interception $\ln \sigma$ sont estimées à l'aide de l'équation (A.2):

$$\ln \ln \frac{1}{1-F} = m \ln \frac{\sigma_f^{(N+1)/(N-1)}}{\{(N+1)\sigma'\}^{1/(N-2)}} + \ln \gamma \quad (\text{A.2})$$

A.2 Amélioration de la fiabilité par l'essai d'épreuve

Dans le but d'améliorer la fiabilité du manchon en zircon contre une fracture due à la fatigue statique, un essai d'épreuve est efficace. Il est destiné initialement à éliminer les manchons en zircon défaillants en appliquant une contrainte plus grande (contrainte d'épreuve) que la contrainte de fonctionnement. La fatigue apparaît aussi sous la contrainte d'épreuve; cependant, il convient que les conditions d'essai d'épreuve soient déterminées pour prendre en considération la fatigue dans l'essai d'épreuve [3] [4].

Lorsque l'essai d'épreuve est effectuée, la contrainte d'épreuve σ_p appliquée au zircon change de façon trapézoïdale en fonction de la durée, conformément à la Figure A.1. D'après cette figure, le changement de contrainte est défini comme suit:

$$0 < t \leq t_l: \quad \sigma(t) = \sigma' t$$

$$t_l < t \leq t_l + t_p: \quad \sigma(t) = \sigma_p$$

$$t_l + t_p < t \leq t_l + t_p + t_u: \quad \sigma(t) = \sigma_p - \sigma' t$$

où

$$\sigma' = \sigma_p / t_l = \sigma_p / t_u$$

La probabilité de défaillance cumulative F_r après l'essai d'épreuve est donnée par l'équation (A.3):

$$\ln \ln \frac{1}{1-F_r} = \ln \left[\left\{ \left(\sigma_a^{N_p} t_a \right)^{(N_p-2)/(N-2)} + \zeta^{(N_p-2)} \delta^{(N_p-2)/m} \right\}^{m/(N_p-2)} - \zeta^m \delta \right] + \ln \gamma \quad (\text{A.3})$$

où

$$\zeta \equiv \left(\sigma_p^{N_p} t_e \right)^{1/(N_p-2)}$$

$$\delta \equiv \frac{\gamma_p}{\gamma} \equiv \left(\frac{\beta^{1/(N-2)}}{\beta_p^{1/(N_p-2)}} \right)^m$$

These crack propagation constants depend on environmental conditions such as temperature, humidity, atmosphere, and material characteristics. Therefore, if m , N and γ values are estimated, the static fatigue life time of sleeves is predicted. The N value is estimated by the dynamic fatigue test that measures the strength of a sleeve corresponding variable of the proportional increased stress coefficient σ' in MPa/s. On the other hand, the relationship between F , strength σ_f of sleeves and σ' is given by executing the sleeve destructive test. The slope m and the intercept $\ln \sigma$ are estimated from equation (A.2).

$$\ln \ln \frac{1}{1-F} = m \ln \frac{\sigma_f^{(N+1)/(N-1)}}{\{(N+1)\sigma'\}^{1/(N-2)}} + \ln \gamma \quad (\text{A.2})$$

A.2 Reliability improvement by proof test

In order to improve the reliability of the zirconia sleeve against fracture due to static fatigue, a proof test, that initially eliminates weak zirconia sleeves by applying a greater stress (called proof stress) than the working stress, is effective. Fatigue also occurs under the proof stress. However, the proof test conditions should be decided in order to take into consideration fatigue during the proof test [3] [4].

When the proof test is performed, the proof stress σ_p applied to the zirconia changes trapezoidally along with time as shown in Figure A.1. In this figure, stress change is defined as follows:

$$0 < t \leq t_l: \quad \sigma(t) = \sigma' t$$

$$t_l < t \leq t_l + t_p: \quad \sigma(t) = \sigma_p$$

$$t_l + t_p < t \leq t_l + t_p + t_u: \quad \sigma(t) = \sigma_p - \sigma' t$$

where

$$\sigma' = \sigma_p / t_l = \sigma_p / t_u$$

The cumulative failure probability F_r after proof testing is given by equation (A.3):

$$\ln \ln \frac{1}{1-F_r} = \ln \left[\left\{ \left(\sigma_a^{N_p} t_a \right)^{(N_p-2)/(N-2)} + \zeta^{(N_p-2)} \delta^{(N_p-2)/m} \right\}^{m/(N_p-2)} - \zeta^m \delta \right] + \ln \gamma \quad (\text{A.3})$$

with

$$\zeta \equiv \left(\sigma_p^{N_p} t_e \right)^{1/(N_p-2)}$$

$$\delta \equiv \frac{\gamma_p}{\gamma} \equiv \left(\frac{\beta^{1/(N-2)}}{\beta_p^{1/(N_p-2)}} \right)^m$$

$$\gamma_p \equiv \frac{V_e}{\sigma_0^m \beta_p^{m(N_p-2)}}$$

$$t_e \equiv t_p + \frac{t_u + t_l}{N_p + 1}$$

où N_p et β_p correspondent respectivement aux valeurs N et β dans l'environnement d'essai d'épreuve.

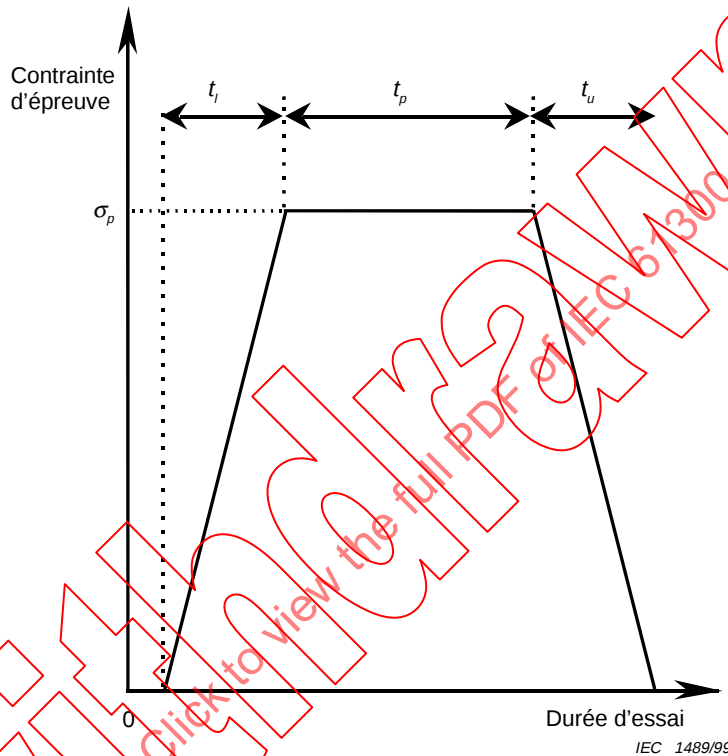


Figure A.1 – Modèle de contrainte d'épreuve à durée variable pour manchon en zircon

A.3 Méthode d'essai d'épreuve

A.3.1 Conception de la contrainte pour manchon d'alignement en zircon

La Figure A.2 présente les lignes de contour calculées de la force de rétention de calibre f_r et la contrainte de fonctionnement σ_a avec les diamètres intérieur et extérieur d'un manchon en zircon. Pour le modelage du manchon en zircon en faisceau incurvé, la force de serrage et la contrainte de fonctionnement sont calculées de façon analytique. Dans le calcul, la longueur, le coefficient de friction statique maximal et le module de Young sont respectivement de 11,4 mm, 0,1 et 196 GPa. En tenant compte des difficultés de fonctionnement et d'un taux faible de rendement de l'essai d'épreuve, la contrainte d'épreuve doit être maintenue aussi faible que possible. Par exemple, comme la force de rétention du calibre maximale et la contrainte de fonctionnement maximale satisfont aux conditions ci-dessus et au coefficient de sécurité d'environ 10 par rapport à la résistance caractéristique du zircon, de 1 200 MPa, le diamètre extérieur du manchon en zircon est conçu avec une valeur de 3,2 mm. D'après la Figure A.2, la contrainte de fonctionnement maximal avec un diamètre extérieur de 3,2 mm devient 130 MPa (la force de rétention du calibre est de 3,9 N, le diamètre intérieur est de 2,490 mm).

$$\gamma_p \equiv \frac{V_e}{\sigma_0^m \beta_p^{m(N_p-2)}}$$

$$t_e \equiv t_p + \frac{t_u + t_l}{N_p + 1}$$

where N_p and β_p are N and β value under the proof test environment, respectively.

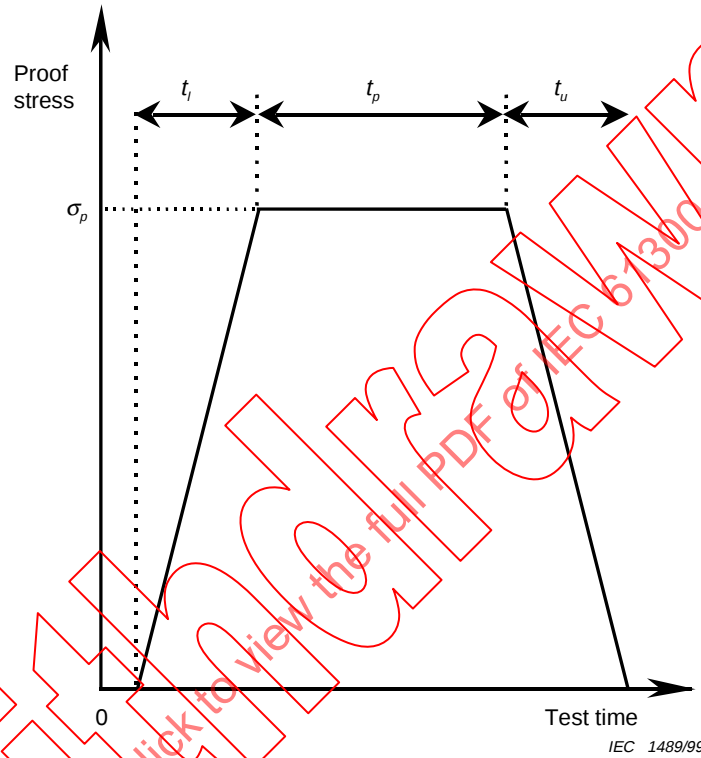


Figure A.1 – Model of time-varying proof stress for a zirconia sleeve

A.3 Method of proof test

A.3.1 Stress design for zirconia alignment sleeve

Figure A.2 shows calculated contour lines of the gauge retention force f_r and working stress σ_a along with inner and outer diameters of a zirconia sleeve. Modeling the zirconia sleeve as a curved beam, the gripping force and the working stress are calculated analytically. In calculation, length, maximum static frictional coefficient and Young's modulus of the zirconia sleeve are 11,4 mm, 0,1 and 196 GPa, respectively. Considering operational difficulty and a low yield rate in proof testing, proof stress shall be kept as small as possible. For example, as the maximum gauge retention force and the maximum working stress satisfies the above-mentioned condition and the safety coefficient of around 10 against zirconia characteristic strength of 1 200 MPa respectively, the outer diameter of zirconia sleeve is designed with a value of 3,2 mm. From Figure A.2, the maximum working stress with a 3,2 mm outer diameter becomes 130 MPa (gauge retention force is 3,9 N, inner diameter is 2,490 mm).

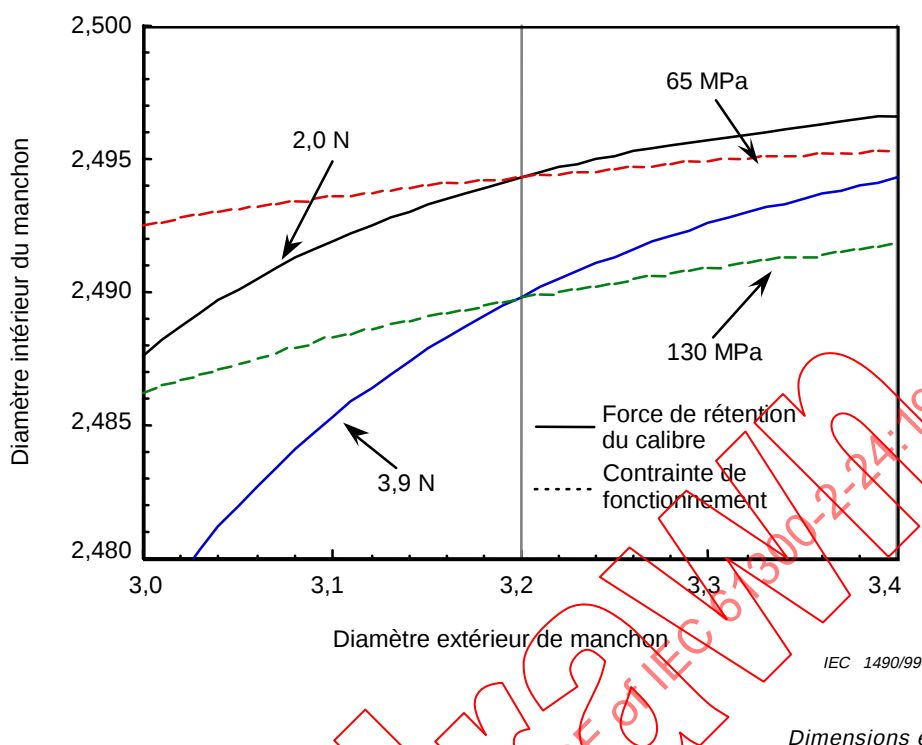


Figure A.2 – Lignes de contour calculées de la force de rétention du calibre et de la contrainte de fonctionnement en fonction des diamètres intérieur et extérieur d'un manchon en zircon

A.3.2 Conditions d'essai d'épreuve

Ordinairement, les composants destinés au tableau de distribution et à l'équipement de transmission exigent une probabilité de défaillance très faible (par exemple moins de 0,1 FIT pendant 20 années). Afin de déterminer les conditions d'essai d'épreuve qui permettent au manchon en zircon de satisfaire à l'exigence de probabilité de défaillance, on doit estimer les paramètres m , N , N_p , γ et γ_p de l'équation (A.3). Le Tableau A.1 présente ces paramètres estimés à l'aide de manchons de 3 mol% $Y_2O_3-ZrO_2$. Selon l'équation A.3, à l'aide des paramètres du Tableau A.1, une relation générale entre σ_p/σ_a et t_e , répondant à 0,1 FIT au cours d'une utilisation de 20 ans, est présentée à la Figure A.3.

Tableau A.1 – Paramètres de fatigue statique mesurés pour les manchons en zircon

Paramètres	25 °C dans l'eau	85 °C dans l'eau
m	5,5 — 7,1	5,5 — 6,3
N ou N_p	28 — 40	22 — 35
$\ln \gamma$ ou $\ln \gamma_p$	-43,3 — -53,9	-40,7 — -47,8

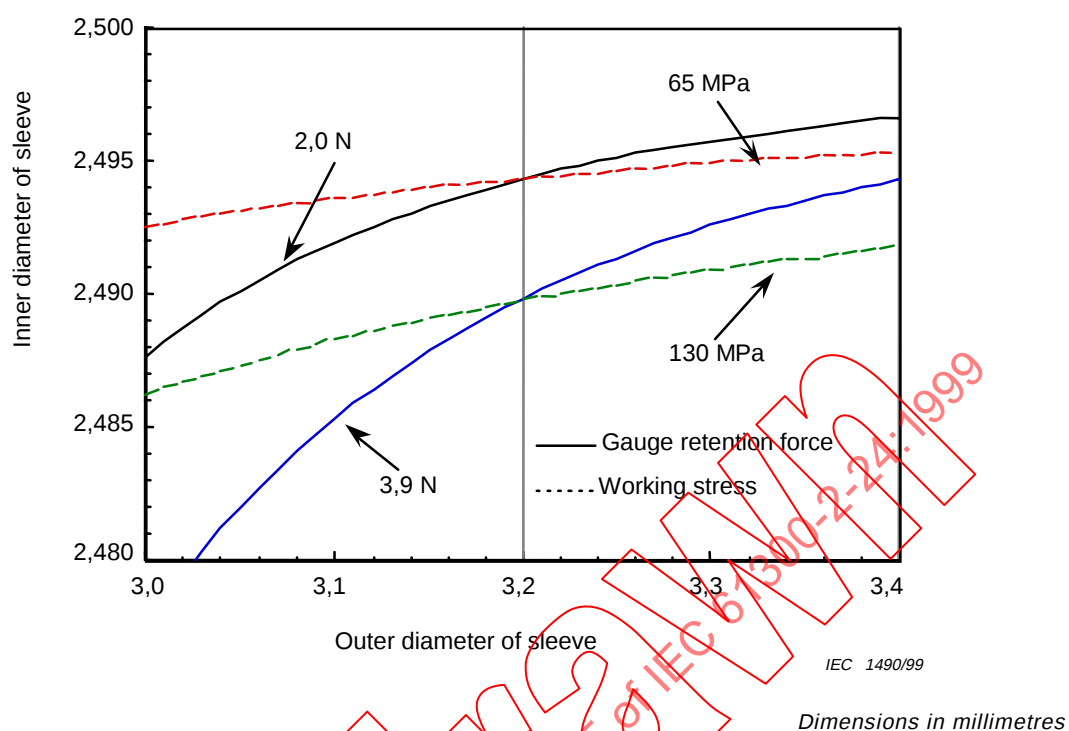


Figure A.2 – Calculated contour lines of gauge retention force and working stress along with inner and outer diameter of a zirconia sleeve

A.3.2 Conditions for proof test

Ordinarily, components for switchboard and transmission equipment require very low failure probability (for example under 0,1 FIT during 20 years). In order to decide proof test conditions which make a zirconia sleeve satisfy required failure probability, parameters m , N , N_p , γ and γ_p in equation (A.3) shall be estimated. Table A.1 shows these estimated parameters using 3 mol% $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ sleeves. According to equation (A.3), by using parameters in Table A.1, a general relationship between σ_p/σ_a and t_e , satisfying 0,1 FIT during 20 years use, is shown in Figure A.3.

Table A.1 – Measured static fatigue parameters for zirconia sleeves

Parameters	25 °C in water	85 °C in water
m	5,5 — 7,1	5,5 — 6,3
N or N_p	28 — 40	22 — 35
$\ln \gamma$ or $\ln \gamma_p$	–43,3 — –53,9	–40,7 — –47,8