

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61291-5-2

Première édition
First edition
2002-08

Amplificateurs optiques –

**Partie 5-2:
Spécifications de qualification –
Qualification de fiabilité pour amplificateurs
à fibres optiques**

Optical amplifiers –

**Part 5-2:
Qualification specifications –
Reliability qualification for optical
fibre amplifiers**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61291-5-2:2002

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**

61291-5-2

Première édition
First edition
2002-08

Amplificateurs optiques –

**Partie 5-2:
Spécifications de qualification –
Qualification de fiabilité pour amplificateurs
à fibres optiques**

Optical amplifiers –

**Part 5-2:
Qualification specifications –
Reliability qualification for optical
fibre amplifiers**

© IEC 2002 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, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

T

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
1 Domaine d'application et objet.....	8
2 Références normatives	8
3 Termes et définitions.....	12
4 Prescriptions de fiabilité	14
4.1 Démonstration de qualité de produit	14
4.2 Responsabilités ayant trait aux essais	14
4.2.1 Généralités	14
4.2.2 Recommandation applicable au client d'AFO (FS).....	14
4.2.3 Recommandation applicable à l'OS	16
4.3 Programmes d'amélioration de la qualité (PAQ).....	16
4.4 Essais.....	16
4.4.1 Généralités	16
4.4.2 Qualification de fiabilité des composants	18
4.4.3 Qualification de fiabilité du procédé d'assemblage de l'AFO.....	18
4.4.4 Qualification de fiabilité du module ou sous-système AFO	20
4.4.5 Similarité structurelle.....	24
4.5 Procédures	24
4.5.1 Analyse des résultats de fiabilité	24
4.5.2 Calculs de fiabilité.....	24
4.5.3 Audits/visites techniques aux fabricants de l'AFO (FFS).....	26
4.5.4 Modifications de conception/processus.....	26
4.5.5 Livraison (FFS)	28
4.5.6 Documentation du fournisseur (FFS)	28
5 Orientation.....	28
5.1 Orientation sur les calculs du taux de défaillance	28
5.2 Mécanismes de défaillance d'AFO.....	28
Annexe A (normative) Procédures pour les essais de fiabilité des composants AFO	30
Annexe B (normative) Méthodes d'essai de fiabilité.....	40
Annexe C (informative) Liste des abréviations.....	44
Bibliographie	46

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
1 Scope and object	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	13
4 Reliability requirements	15
4.1 Demonstration of product quality	15
4.2 Testing responsibilities	15
4.2.1 General	15
4.2.2 Recommendation applicable to OFA customer (SS)	15
4.2.3 Recommendation applicable to SO	15
4.3 Quality improvement programmes (QIPs)	17
4.4 Tests	17
4.4.1 General	17
4.4.2 Reliability qualification of components	19
4.4.3 Reliability qualification of the OFA assembly process	19
4.4.4 Reliability qualification of the OFA device or sub-system	21
4.4.5 Structural similarity	25
4.5 Procedures	25
4.5.1 Analysis of reliability results	25
4.5.2 Reliability calculations	25
4.5.3 Audits/technical visits to OFA manufacturers (FFS)	27
4.5.4 Design/process changes	27
4.5.5 Delivery (FFS)	29
4.5.6 Supplier documentation (FFS)	29
5 Guidance	29
5.1 Guidance on failure rate calculations	29
5.2 OFA failure mechanisms	29
Annex A (normative) Procedures for reliability testing of OFA components	31
Annex B (normative) Reliability test methods	41
Annex C (informative) List of abbreviations	45
Bibliography	47

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

AMPLIFICATEURS OPTIQUES –

Partie 5-2: Spécifications de qualification – Qualification de fiabilité pour amplificateurs à fibres optiques

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61291-5-2 a été établie par le sous-comité 86C: Systèmes et dispositifs actifs 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
86C/434/FDIS	86C/462/RVD

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

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

Les annexes A et B font partie intégrante de la présente norme.

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2006. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL AMPLIFIERS –

**Part 5-2: Qualification specifications –
Reliability qualification for optical fibre amplifiers**

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 61291-5-2 has been prepared by subcommittee 86C: Fibre optic systems and active devices, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

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

FDIS	Report on voting
86C/434/FDIS	86C/462/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.

Annexes A and B form an integral part of this standard.

Annex C is for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

La présente Norme internationale est consacrée au sujet de la qualification de fiabilité des amplificateurs optiques. Comme la technologie est relativement récente et se développe encore, on peut prévoir des amendements et de nouvelles éditions à la présente norme.

Chaque abréviation introduite dans la présente Norme internationale est expliquée dans le texte, au moins la première fois qu'elle apparaît. Cependant, pour une meilleure compréhension de l'ensemble du texte, une liste de toutes les abréviations utilisées dans la présente Norme internationale est donnée en annexe C.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61291-5-2:2002

INTRODUCTION

This International Standard is dedicated to the subject of reliability qualification of optical amplifiers. Since the technology is quite new and still evolving, amendments and new editions to this document can be expected.

Each abbreviation introduced in this International Standard is explained in the text, at least the first time it appears. However, for an easier understanding of the whole text, a list of all abbreviations used in this International Standard is given in annex C.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61291-5-2:2002

AMPLIFICATEURS OPTIQUES –

Partie 5-2: Spécifications de qualification – Qualification de fiabilité pour amplificateurs à fibres optiques

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique aux amplificateurs optiques (AO) et aux sous-systèmes élémentaires amplifiés optiquement pour des applications terrestres, utilisant des fibres actives (amplificateurs à fibres optiques, AFO), qui contiennent des dopants de terres rares, disponibles sur le marché.

L'approche de boîte noire est utilisée dans la présente norme de la CEI. L'approche de boîte noire est adoptée afin de fournir des spécifications de produits qui sont indépendantes des détails de mise en service des AO. Pour les besoins de qualification de fiabilité, certaines informations sur les composants internes sont requises; ces parties internes sont elles-mêmes traitées en tant que boîtes noires. La présente norme fournit des prescriptions pour l'évaluation de la fiabilité des AO en combinant la fiabilité de telles boîtes noires internes.

Les objets de la présente Norme internationale sont les suivants:

- spécifier les prescriptions pour l'évaluation de la fiabilité des AFO;
- aider l'acheteur à sélectionner des produits AO de haute qualité constante pour ses applications particulières;
- fournir la liste minimale des essais de qualification de fiabilité, des prescriptions sur les critères de défaillance pendant les essais et sur les prévisions de fiabilité, et donner les références normatives concernées.

En particulier, la présente Norme internationale est destinée:

- à établir une méthode normalisée pour l'évaluation de la fiabilité des modules et des sous-systèmes AFO afin de minimiser les risques et d'avancer le développement du produit et la qualification de la fiabilité;
- à établir des moyens pour déterminer la répartition des défaillances dans le temps afin de permettre la détermination des taux de défaillances de l'équipement pour des critères spécifiés de fin de vie.

De plus, des éléments indicatifs sont donnés sur:

- les contrôles qu'il convient qu'un client effectue normalement, avant l'acquisition d'un AFO, sur les procédures d'essai établies par un fabricant d'AFO afin de garantir la fiabilité du produit;
- les procédures de vérification des exigences de fiabilité d'un fabricant d'AFO.

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 60068-2-1, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essais A: Froid*

CEI 60068-2-2, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essais B: Chaleur sèche*

CEI 60068-2-3, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essai Ca: Essai continu de chaleur humide*

OPTICAL AMPLIFIERS –

Part 5-2: Qualification specifications – Reliability qualification for optical fibre amplifiers

1 Scope and object

This International Standard applies to optical amplifiers (OAs) and optically amplified, elementary sub-systems for terrestrial applications, using active fibres (optical fibre amplifiers, OFAs), containing rare-earth dopants, which are commercially available.

The black box approach is used in this IEC standard. The black box approach is adopted in order to give product specifications which are independent of OA implementation details. For reliability qualification purposes, some information about the internal components is needed; these internal parts are themselves treated as black boxes. This standard gives requirements for the evaluation of OA reliability by combining the reliability of such internal black boxes.

The objects of this International Standard are the following:

- to specify the requirements for the reliability assessment of OFAs;
- to provide assistance to the purchaser in the selection of consistently high quality OA products for his particular applications;
- to give the minimum list of reliability qualification tests, requirements on failure criteria during testing and on reliability predictions, and give the relevant normative references.

In particular, this International Standard is intended:

- to establish a standard method for the assessment of the reliability of OFA devices and sub-systems in order to minimize risks and to promote product development and reliability qualification;
- to establish means to determine the distribution of failures in time in order to enable the determination of equipment failure rates for specified end-of-life criteria.

In addition, guidance is given on:

- the controls a customer should make, prior to procurement of an OFA, on the test procedures an OFA manufacturer has in place in order to guarantee product reliability;
- the procedures to verify the reliability claims of an OFA manufacturer.

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 60068-2-1, *Environmental testing – Part 2: Tests. Tests A: Cold*

IEC 60068-2-2, *Environmental testing – Part 2: Tests. Tests B: Dry heat*

IEC 60068-2-3, *Environmental testing – Part 2: Tests. Test Ca: Damp heat, steady state*

CEI 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 60068-2-14, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essai N: Variations de température*

CEI 60068-2-21, *Essais d'environnement – Partie 2-21: Essais – Essai U: Robustesse des sorties et des dispositifs de montage incorporés*

CEI 60068-2-27, *Essais d'environnement. Deuxième partie: Essais. Essai Ea et guide: Chocs*

CEI 60068-2-32, *Essais d'environnement. Deuxième partie: Essais. Essai Ed: Chute libre (méthode 1)*

CEI 60068-2-56, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essai Cb: Chaleur humide, essai continu, recommandé principalement pour les équipements*

CEI 61300-2-1, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2-1: Essais – Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 61300-2-2, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2-2: Essais – Durabilité de l'accouplement*

CEI 61300-2-4, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2-4: Essais – Rétention de la fibre ou du câble*

CEI 61300-2-5, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2-5: Essais – Torsion/rotation*

CEI 61300-2-9, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2-9: Essais – Choc*

CEI 61300-2-18, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2-18: Essais – Chaleur sèche – Résistance à haute température*

CEI 61300-2-19, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2-19: Essais – Chaleur humide (essai continu)*

CEI 61300-2-22, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2-22: Essais – Variations de température*

CEI 61300-2-42, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2-42: Essais – Charge latérale statique pour connecteurs*

CEI 61291-1, *Amplificateurs à fibres optiques – Partie 1: Spécification générique*

CEI 61751, *Modules laser utilisés pour les télécommunications – Evaluation de la fiabilité*

ISO 9000, *Systèmes de management de la qualité – Principes essentiels et vocabulaire*

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2: Tests. Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-21, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 60068-2-27, *Environmental testing. Part 2: Tests. Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-32, *Environmental testing. Part 2: Tests. Test Ed: Free fall (Procedure 1)*

IEC 60068-2-56, *Environmental testing – Part 2: Tests. Test Cb: Damp heat, steady state, primarily for equipment*

IEC 61300-2-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-1: Tests – Vibration (sinusoidal)*

IEC 61300-2-2, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-2: Tests – Mating durability*

IEC 61300-2-4, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-4: Tests – Fibre/cable retention*

IEC 61300-2-5, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-5: Tests – Torsion/twist*

IEC 61300-2-9, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-9: Tests – Shock*

IEC 61300-2-18, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-18: Tests – Dry heat – High temperature endurance*

IEC 61300-2-19, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-19: Tests – Damp heat (steady state)*

IEC 61300-2-22, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-22: Tests – Change of temperature*

IEC 61300-2-42, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-42: Tests – Static side load for connectors*

IEC 61291-1, *Optical fibre amplifiers – Part 1: Generic specification*

IEC 61751, *Laser modules used for telecommunication – Reliability assessment*

ISO 9000, *Quality management systems – Fundamentals and vocabulary*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61291, les définitions données dans la CEI 61291-1 et les suivantes s'appliquent.

NOTE Afin que l'on puisse s'y référer aisément, la définition de la fiabilité des AO donnée dans la CEI 61291-1 est reportée ci-dessous (définition 3.7).

3.1

défaillance

non-conformité à la spécification produit ou modification des paramètres convenue par le client et le fournisseur

3.2

fabricant d'AFO (FAFO)

fabricant qui fournit des sous-systèmes ou modules AFO satisfaisant aux prescriptions de la spécification particulière (DS) applicable

3.3

fournisseur de système (FS)

fabricant de matériels de télécommunications à fibres optiques contenant des AFO (c'est-à-dire le client d'AFO)

3.4

opérateur de système (OS)

opérateur de télécommunication utilisant des systèmes à fibres optiques avec AFO dans le chemin de transmission

3.5

fournisseur de composant (FC)

fabricant fournissant au FAFO les composants répondant aux prescriptions de la spécification particulière applicable (DS)

3.6

composant pour agrément de savoir-faire (CQC)

composants ou sous-ensembles représentant des étapes critiques du processus de fabrication et limitant les caractéristiques de conception mécanique et électro-optique

NOTE De tels composants ou sous-ensembles permettent la détermination d'énergies d'activation et contribuent à l'identification de mécanismes de défaillances du produit final.

3.7

fiabilité

- a) période minimale de fonctionnement continu de l'AO sans défaillance dans des conditions de fonctionnement et d'environnement spécifiées;
- b) probabilité de défaillance par an dans des conditions de fonctionnement et d'environnement spécifiées

NOTE La fiabilité d'un AO est exprimée par l'un ou l'autre des deux paramètres suivants: durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (MTBF) et défaillance dans le temps (FIT):

La MTBF est la période moyenne de fonctionnement continue de l'AFO sans défaillance à des conditions de fonctionnement et d'environnement spécifiées.

La FIT est le nombre de défaillances attendues pendant 10^9 h à des conditions fonctionnement et d'environnement spécifiées.

3 Terms and definitions

For the purposes of this part of IEC 61291, the definitions given in IEC 61291-1 and the following apply.

NOTE For ease of reference the definition of OA reliability given in IEC 61291-1 is reported below (definition 3.7).

3.1

failure

non-compliance to product specification or change in parameters as agreed by the customer and supplier

3.2

OFA manufacturer (OFAM)

manufacturer who provides OFA devices or subsystems meeting the requirements of the applicable detail specification (DS)

3.3

system supplier (SS)

manufacturer of fibre-optic telecommunication equipment containing OFAs (that is, the OFA customer)

3.4

system operator (SO)

telecommunication operator using fibre-optic systems with OFAs in the transmissions path

3.5

component supplier (CS)

manufacturer providing the OFAM with components meeting the requirements of the applicable detail specification (DS)

3.6

capability qualifying component (CQC)

components or sub-assemblies representing critical stages of the manufacturing process and limiting the characteristics of mechanical and electro-optic design

NOTE Such components or sub-assemblies enable the determination of activation energies and help in the identification of final product failure mechanisms.

3.7

reliability

a) minimum period of OA continuous operation without any faults at specified operating and environmental conditions;

b) probability of faults per year at specified operating and environmental conditions

NOTE The reliability of an OA is expressed by either of the following two parameters: mean time before failure (MTBF) and failure in time (FIT):

The MTBF is the mean period of OFA continuous operation without any failure at specified operating and environmental conditions.

The FIT is the number of failures expected in 10^9 hours at specified operating and environmental conditions.

4 Prescriptions de fiabilité

4.1 Démonstration de qualité de produit

La présente Norme internationale (lorsque la DS le prescrit) fournit les prescriptions obligatoires minimales pour évaluer la fiabilité d'un dispositif ou d'un sous-système d'AFO et est destinée à faire partie d'une procédure totale de qualification de fiabilité et d'assurance de la qualité de l'AFO adoptée par:

- le FAFO.

De plus, elle donne des orientations sur les procédures d'assurance de la qualité à adopter par:

- le FS,
- l'OS,

ainsi que sur la réaction évaluative de performance en exploitation à fournir (comme l'indique la DS) par le OS au FAFO et au FS.

Le FAFO doit être en mesure de démontrer:

- un processus de fabrication documenté et audité, y compris la qualification de fiabilité des composants achetés, conformément à l'ISO 9000;
- un programme de qualification de performance, y compris, par exemple, des essais de vie accélérée, un rodage et une sélection de composants et des modules et des sous-systèmes AFO;
- un programme de maintenance de qualification de fiabilité pour assurer la continuité de la performance de la fiabilité;
- une procédure pour s'assurer d'une réaction évaluative appropriée en vue du développement et de la production concernant des questions de fiabilité.

Cela est réalisable au moyen de l'agrément de qualification de fiabilité des produits, de l'agrément technologique (TA) ou de l'agrément de savoir-faire (CA) du processus de fabrication.

NOTE Un programme d'assurance de la fiabilité complet est habituellement plus complexe et s'étend au-delà du domaine d'application de la présente Norme internationale (voir par exemple l'article 5 et la famille de normes ISO 9000¹).

4.2 Responsabilités ayant trait aux essais

4.2.1 Généralités

Le FAFO est responsable des essais de fiabilité.

Les essais précisés dans les tableaux 1 à 4 doivent être réalisés soit par le FAFO soit par les fournisseurs de composants (FC). Des essais additionnels peuvent être spécifiés dans la DS.

4.2.2 Recommandation applicable au client d'AFO (FS)

Il est recommandé au FS de détenir un processus en vue d'analyser et de vérifier les résultats, y compris l'analyse des défaillances. Cela comprend une procédure d'essai indépendante pour des dispositifs et des sous-systèmes d'AFO.

¹ L'ISO 9000, l'ISO 9001, l'ISO 9004 et les normes de lignes directrices supplémentaires.

4 Reliability requirements

4.1 Demonstration of product quality

This International Standard (where required by the DS) gives the minimum mandatory requirements to assess reliability of an OFA device or subsystem and is intended to be part of a total OFA reliability qualification and quality assurance procedure adopted by:

- the OFAM.

Moreover, it gives guidance on the quality assurance procedures to be adopted by:

- the SS,
- the SO,

and on the feedback of field performance to be provided (as indicated in the DS) by the SO to the OFAM and to the SS.

The OFAM shall be able to demonstrate:

- a documented and audited manufacturing process, including the reliability qualification of purchased components, in accordance with ISO 9000;
- a performance qualification programme, including, for example, accelerated life testing, burn-in and screening of components and OFA devices and subsystems;
- a reliability qualification maintenance programme to ensure continuity of reliability performance;
- a procedure to ensure an appropriate feedback to development and production on reliability issues.

This can be achieved by means of reliability qualification approval of products, technology approval (TA) or capability approval (CA) of the manufacturing process.

NOTE A comprehensive reliability assurance programme is usually more complex and goes beyond the scope of this International Standard (see for example clause 5 and the ISO 9000 family of standards¹).

4.2 Testing responsibilities

4.2.1 General

The OFAM is responsible for reliability testing.

The testing detailed in tables 1 to 4 is to be performed by either the OFAM or component suppliers (CSs). Additional testing may be specified in the DS.

4.2.2 Recommendation applicable to OFA customer (SS)

The SS is recommended to have a process to analyze and verify the results including failure analysis. This includes an independent test procedure of OFA devices and subsystems.

¹ ISO 9000, ISO 9001, ISO 9004 and supplementary guideline standards.

4.2.3 Recommandation applicable à l'OS

Il est recommandé à l'OS de détenir un processus en vue de surveiller et de consigner les taux de défaillances sur site de façon suffisamment détaillée pour permettre au FS et au FAFO de lancer toutes actions correctives nécessaires à un stade précoce dans la durée de vie d'un produit.

NOTE 1 Les fournisseurs peuvent avoir différentes approches (sur les notions de qualification de fiabilité) alors que la maturité du produit se développe, et que les limites de ressources peuvent nécessiter des stratégies d'essais.

NOTE 2 Des essais et des procédures autres que ceux qui sont spécifiés sont autorisés, à condition que les FAFO/FS/OS puissent prouver leur intention de supprimer les mécanismes de défaillance des produits finaux et les mécanismes de défaillances associés. Cependant, cela nécessite des données significatives pour justifier la conformité et démontrer l'équivalence avec les essais et les procédures décrites ici.

4.3 Programmes d'amélioration de la qualité (PAQ)

Les programmes d'amélioration de la qualité (PAQ) doivent être amorcés avec les fournisseurs de composants et les clients, c'est-à-dire les SO, les FS et les FAFO, pour aborder la question des non-conformités (y compris les problèmes de qualité et de fiabilité identifiés pendant la vie utile subséquente de l'amplificateur optique). La correction des non-conformités et les PAQ subséquents représentent une stratégie nécessaire pour minimiser les risques pour la fiabilité. Il convient d'énoncer le fonctionnement des PAQ dans les documents d'agrément génériques d'homologation (QA) et ceux d'agrément de savoir-faire.

4.4 Essais

4.4.1 Généralités

Un module ou un sous-système d'AFO est un ensemble de diverses parties et de composants de nature différente. Un point principal dans la fiabilité du module ou du sous-système AFO est d'assurer la fiabilité de chaque partie et le processus de fabrication de base utilisé. Pour les besoins de la présente Norme internationale, chaque partie interne doit être considérée comme une boîte noire.

La présente Norme internationale est fondée sur l'hypothèse que la fiabilité d'un AO peut être évaluée avec une confiance suffisante à partir des taux de défaillance dans le temps (FIT) de ses boîtes noires internes lorsque le procédé d'assemblage des constituants a été qualifié.

Les procédures destinées à qualifier le procédé d'assemblage sont décrites en 4.4.3.

L'assurance de fiabilité est confirmée par la procédure d'essai décrite en 4.4.4 effectuée sur le module ou le sous-système d'AFO pris dans sa totalité.

Les parties fondamentales constituant habituellement un AFO (boîtes noires internes) sont énumérées ci-dessous:

- Composants optiques passifs
- Composants optoélectroniques
- Fibres dopées ou modules de fibres dopées
- Connecteurs optiques
- Électronique
- Autres (à spécifier)

Le FAFO doit déclarer le nombre et le type de boîtes noires internes constituant l'AFO et donner les taux de défaillances (en défaillance dans le temps (FIT)) pour chacune.

Le taux de défaillance de l'AFO doit être calculé en combinant de façon adaptée les taux de FIT de ses parties internes, selon la description en 4.5.2.

4.2.3 Recommendation applicable to SO

The SO is recommended to have a process to monitor and report field failure rates in sufficient detail to enable SS and OFAM to initiate any necessary corrective actions at an early stage in the lifetime of a product.

NOTE 1 Suppliers may have different approaches (to reliability qualification concepts) as the maturity of the product is developing, and resource limitations may dictate testing strategies.

NOTE 2 Tests and procedures alternative to those specified are permitted, provided the OFAM/SS/SO can show intent to remove end-product failure and the associated failure mechanisms. However, this requires significant data to substantiate compliance and demonstrate equivalence with tests and procedures herewith described.

4.3 Quality improvement programmes (QIPs)

Quality improvement programmes (QIPs) shall be initiated with component suppliers and customers, that is SO, SS, OFAM, to address non-compliances (including quality and reliability problems identified during subsequent service life of the optical amplifier). The correction of non-compliances and subsequent QIP are a required strategy to minimize reliability risks. The operation of QIPs should be stated in the QA (quality approval) generic and capability approval documents.

4.4 Tests

4.4.1 General

An OFA device or sub-system is an assembly of various parts and components of different nature. A main point in the reliability of the OFA device or sub-system is to ensure the reliability of each part and basic manufacturing process used. For the purpose of this International Standard, each internal part shall be seen as a black box.

This International Standard is based on the assumption that the reliability of an OA can be evaluated with sufficient confidence from the FIT rates of its internal black boxes when the assembly process of the constituents has been qualified.

The procedures to qualify the assembly process are described in 4.4.3.

The reliability assurance is confirmed by the test procedure described in 4.4.4 carried out on the OFA device or sub-system as a whole.

The basic parts usually constituting an OFA (internal black boxes) are listed below:

- Passive optical components
- Opto-electronic components
- Doped fibres or doped fibre modules
- Optical connectors
- Electronics
- Others (to be specified)

The OFAM shall declare the number and type of the internal black boxes constituting the OFA and give the failure rates (in failure in time (FIT)) for each of them.

The OFA failure rate shall be calculated by suitably combining the FIT-rates of its internal parts, as described in 4.5.2.

4.4.2 Qualification de fiabilité des composants

Les tableaux 1 et 2 donnent la liste minimale des essais à réaliser sur les diverses parties constituant l'AFO afin de garantir le niveau de fiabilité affirmé. Les références normatives pour les essais et les conditions d'essai sont fournies à l'annexe A.

Tableau 1 – Liste d'essais minimaux pour composants optiques passifs, modules de laser à pompe, modules à diode de contrôle et connecteurs optiques

Essai	Composants optiques passifs	Modules de laser à pompe	Modules à diode de contrôle	Connecteurs optiques
Stockage de température (élevée/faible)	X	X	X	X
Cycles de température	X	X	X	X
Chaleur humide	X	(X)	(X)	X
Chocs	X	X	X	
Vibrations	X	X	X	
Traction fibre	X	X	X	X
Traction latérale	X	X	X	X
Essai à haute puissance optique	X			
Essai d'endurance électrique		X		
Polarisation inverse à haute température (HTRB)			X	
Accouplement				X
Herméticité/RGA		X	X	
ESD		X	X	

Tableau 2 – Liste d'essais minimaux pour fibre dopée

Essai
Essai d'épreuve
Vieillessement à l'hydrogène
Force de dénudation du revêtement de fibre (uniquement pour fibre non hermétique)

Un ensemble de conditions d'essai adapté aux listes d'essais dans les tableaux 1 et 2 pour évaluer la fiabilité des composants AFO (considérés comme boîtes noires) est donné comme référence dans l'annexe A. Ces conditions d'essai spécifient la pratique courante existant dans l'industrie de fabrication de l'AFO.

4.4.3 Qualification de fiabilité du procédé d'assemblage de l'AFO

La disposition et l'assemblage de fibres des composants optiques et électriques représentent des aspects très importants pour l'évaluation de la fiabilité d'un AFO. En particulier, le procédé d'épissure de fibre est l'étape la plus critique du procédé d'assemblage de l'AFO.

Le procédé d'épissure doit être qualifié conformément à la fibre concernée ou au matériau de revêtement concerné.

Le tableau 3 indique les essais prescrits sur les épissures.

4.4.2 Reliability qualification of components

Tables 1 and 2 give the minimum list of tests to be performed on the various parts constituting the OFA in order to guarantee the claimed reliability level. Normative references for tests and test conditions are given in annex A.

Table 1 – Minimum test list for passive optical components, pump laser modules, monitor diode modules and optical connectors

Test	Passive optical components	Pump laser modules	Monitor diode modules	Optical connectors
Temperature storage (high/low)	X	X	X	X
Temperature cycling	X	X	X	X
Damp heat	X	(X)	(X)	X
Shock	X	X	X	
Vibration	X	X	X	
Fibre pull	X	X	X	X
Side pull	X	X	X	X
Optical high power test	X			
Electrical endurance test		X		
High temperature reverse bias (HTRB)			X	
Mating				X
Hermeticity/RGA		X	X	
ESD		X	X	

Table 2 – Minimum test list for doped fibre

Test
Proof test
Hydrogen aging
Fiber coating strip force (for non-hermetic fiber only)

A set of test conditions suitable to the test lists in tables 1 and 2 to assess the reliability of OFA components (seen as black boxes) is given for reference in annex A. These test conditions specify the common practice in the OFA manufacturing industry.

4.4.3 Reliability qualification of the OFA assembly process

Fibre arrangement and assembly of the optical and electrical components are very important aspects for assessing the reliability of an OFA. In particular, the fibre splice process is the most critical step in the OFA assembly process.

The splice process shall be qualified according to the relevant fibre/coating material.

Table 3 indicates the tests required on splices.

Tableau 3 – Essais prescrits pour les épissures

Essais	Conditions	Référence CEI
Stockage à haute température	+85 °C 2 000 h	
Variations de température (Cycles thermiques)	–40 °C/+85 °C 2 °C/min Q = 100 cycles I = 500 cycles	CEI 60068-2-14
Chaleur humide	40 °C/93 % HR 500 h	CEI 60068-2-56
Chocs	100 G 6 ms 6 fois/axe	CEI 60068-2-27
Vibrations	10 Hz à 2 000 Hz 10 G 5 cycles/axe 15 min/cycle	CEI 60068-2-6
Essai de robustesse (Essai de traction)	5 N 10 s	CEI 60068-2-21
NOTE G est la valeur normalisée d'accélération de gravité (9,80665 m/s ²).		

Le nombre d'échantillons doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur selon le niveau de confiance et le niveau de fiabilité exigés.

4.4.4 Qualification de fiabilité du module ou sous-système AFO

Une procédure de qualification de fiabilité liée au dispositif ou au sous-système d'AFO complet est décrite au tableau 4. Elle donne la liste minimale des essais à réaliser sur les modules et sous-systèmes AFO afin d'assurer la fiabilité. Les références normatives sont données dans l'annexe A, lorsque les essais et les conditions d'essai sont spécifiés.

L'objet des essais est d'évaluer la prévision du taux de défaillances de l'AFO complet réalisée conformément à la procédure de 4.5.2.

En se fondant sur l'assurance de fiabilité prescrite pour les essais de fiabilité pour les boîtes noires internes d'AFO, le niveau d'échantillonnage est généralement faible (par exemple quelques échantillons pour chaque type d'amplificateur).

Dans des cas spécifiques (par exemple des AFO en verre sans silice), l'utilisation d'adhésifs dans l'AFO peut être considérée comme un procédé critique et doit être qualifiée de façon séparée. Selon la fonction éventuelle de l'adhésif (ancrage mécanique, protection d'épissure, assortiment d'indice, etc.), les différents modes de défaillances doivent être traités et appuyés par des données de fiabilité.

Table 3 – Tests required for splices

Tests	Conditions	IEC reference
High temperature storage	+85 °C 2 000 h	
Change of temperature (Thermal cycling)	–40 °C / +85 °C 2 °C/min Q = 100 cycles I = 500 cycles	IEC 60068-2-14
Damp heat	40 °C 93 % RH 500 h	IEC 60068-2-56
Shock	100 G 6 ms 6 times/axis	IEC 60068-2-27
Vibrations	10 Hz to 2 000 Hz 10 G 5 cycles/axis 15 min/cycle	IEC 60068-2-6
Robustness test (Pull test)	5 N 10 s	IEC 60068-2-21
NOTE G is the standard value of gravity acceleration (9,80665 m/s ²).		

The number of samples is to be agreed between customer and supplier according to the level of confidence and the level of reliability required.

4.4.4 Reliability qualification of the OFA device or sub-system

A reliability qualification procedure related to the complete OFA device or sub-system is described in table 4. It gives the minimum list of tests to be performed on OFA devices and sub-systems in order to assure reliability. Normative references, where tests and test conditions are specified, are given in annex A.

The purpose of the testing is to assess the prediction of the failure rate of the complete OFA performed according to the procedure of 4.5.2.

On the basis of the reliability assurance required for the reliability tests for the OFA internal black boxes, the sampling level is generally low (for example a few samples for each amplifier type).

In some specific cases (for example, non-silica glass OFAs), the use of adhesives in the OFA can be considered as a critical process and shall be qualified separately. Depending on the possible function of the adhesive (mechanical anchoring, splice protection, index matching, etc.), the different failure modes shall be addressed and supported by reliability data.

Tableau 4 – Liste minimale pour essais prescrits sur modules et sous-systèmes AFO

Essai		Condition	Durée	Échantillonnage
Stockage de température		$T_{\text{stg, min}}/T_{\text{stg, max}}$	72 h	3
Cycle de température		$T_{\text{stg, miu}}/T_{\text{stg, max}}$ >1 °C/min	Q = 100 cycles I = 500 cycles	3
Chaleur humide		85 °C/85 % HR ^a 40 °C/93 % HR	Q = 500 h I = 1 000 h	3
Essai mécanique	Chocs	Voir tableau ci-après ^b	Voir tableau ci-après	3
	Vibration	10-55 Hz max. 10 G ou déplacement de 1,52 mm	2 h par direction	3
	Traction	5/10/100 N ^c		≥ 12
Endurance		$T_{\text{op, max}}/P_{\text{nom}}$	Q = 2 000 h I = 5 000 h	3

NOTE 1 Aucune défaillance n'est permise.

NOTE 2 Les essais peuvent être réalisés séquentiellement ou en parallèle.

NOTE 3 Si la température de stockage est inférieure à la température d'humidité spécifiée, un autre essai à $T_{\text{stg, max}}$ et HR ≥ 85 % est effectué.

NOTE 4 Si la température de stockage maximale est similaire à la température maximale de fonctionnement, l'essai de stockage à $T_{\text{stg, max}}$ n'est pas prescrit et il est remplacé par l'essai d'endurance. L'essai d'endurance est réalisé à courant pour pompe fixe, puissance de sortie ou courant de contrôle pour pompe (valeurs nominales données dans la DS). Pour vérifier du mouvement de l'amplificateur, des paramètres applicables [par exemple la puissance de sortie, les paramètres de pompe (si accessibles), etc.] peuvent être mesurés pendant l'essai.

NOTE 5 Une référence à la méthode d'essai du cycle de température est fournie à l'annexe B.

NOTE 6

$T_{\text{stg, min}}$ est la température de stockage minimale AFO;

$T_{\text{stg, max}}$ est la température de stockage maximale AFO;

$T_{\text{op, max}}$ est la température de fonctionnement maximale AFO;

P_{nom} est la puissance de sortie nominale d'AFO;

G est la valeur normalisée d'accélération de gravité (9,80665 m/s²).

^a Chaleur humide. L'essai de chaleur humide à 85 °C/85 % d'HR a été préconisé par certains fabricants, comme le justifient des observations de conditions dans des environnements particuliers. Ces conditions d'essai peuvent être utilisées pour que les AFOs soient déployés dans des environnements très rigoureux. Autrement, l'essai à la chaleur humide à 40 °C/93 % d'HR peut être utilisé.

^b Essai mécanique: choc (chute libre, CEI 60068-2-27 et CEI 60068-2-32) :

Masse (kg)	Hauteur de chute (mm)
0 à < 10	100
0 à < 25	75

^c Essais de fibres amorces (essai de traction) (le premier chiffre de chaque ligne est le diamètre externe de la fibre protégée ou câblée auquel s'appliquent les conditions d'essai spécifiées) [voir la CEI 61300-2-4]:

Rétentions de câble (traction):

- 2 mm: 20-100 N, 3 fois, 5 s de traction
- 900 µm: 10 N, 3 fois, 5 s de traction
- 250 µm: 5 N, 3 fois, 5 s de traction

Table 4 – Minimum list for tests required on OFA devices and sub-systems

Test		Condition	Duration	Samples
Temperature storage		$T_{\text{stg, min}}/T_{\text{stg, max}}$	72 h	3
Temperature cycling		$T_{\text{stg, min}}/T_{\text{stg, max}}$ $>1^{\circ}\text{C/min}$	$Q = 100$ cycles $I = 500$ cycles	3
Damp heat		85 °C/85 % RH ^a 40 °C/93 % RH	$Q = 500$ h $I = 1\,000$ h	3
Mechanical test	Shock	See table below ^b	See table below	3
	Vibration	10-55 Hz max 10 G or 1,52 mm displacement	2 h per direction	3
	Pull	5/10/100 N ^c		≥ 12
Endurance		$T_{\text{op, max}}/P_{\text{nom}}$	$Q = 2\,000$ h $I = 5\,000$ h	3

NOTE 1 No failures are allowed.

NOTE 2 Tests may be performed sequentially or in parallel.

NOTE 3 If the storage temperature is lower than the specified humidity temperature, another test at $T_{\text{stg, max}}$ and RH $\geq 85\%$ is done.

NOTE 4 If the maximum storage temperature is similar to the maximum operating temperature, the storage test at $T_{\text{stg, max}}$ is not required and is replaced by the endurance test. The endurance test is performed at fixed pump current, output power or pump monitor current (nominal values given in the DS). To check any drift of the amplifier, relevant parameters [such as output power, pump parameters (if accessible) etc.] may be measured during the test.

NOTE 5 A reference to the temperature cycle test method is provided in annex B.

NOTE 6

$T_{\text{stg, min}}$ is the OFA minimum storage temperature;

$T_{\text{stg, max}}$ is the OFA maximum storage temperature;

$T_{\text{op, max}}$ is the OFA maximum operating temperature;

P_{nom} is the OFA nominal output power;

G is the standard value of gravity acceleration (9,80665 m/s²).

^a Damp heat: the damp heat test at 85 °C/85 % RH has been advocated by some manufacturers, as justified by observations of conditions within peculiar environments. These test conditions may be used for OFAs to be deployed in very hard environments. Otherwise, the damp heat test at 40 °C/93 % RH may be used.

^b Mechanical test: shock (free drop, IEC 60068-2-27 and IEC 60068-2-32):

Mass (kg)	Drop height (mm)
0 to < 10	100
0 to < 25	75

^c Pigtail testing (pull test) [the first figure in each row is the outer diameter of the buffered or cabled fibre to which the specified test conditions apply](see IEC 61300-2-4):

Cable retention (pull):

- 2 mm: 20-100 N, 3 times, 5 s pulls
- 900 µm: 10 N, 3 times, 5 s pulls
- 250 µm: 5 N, 3 times, 5 s pulls

Le critère de défaillance est une dérive dans la puissance de sortie de 0,5 dB ou toute autre non-conformité à la spécification particulière, comme convenu entre le client et le fournisseur, sauf dans l'essai d'endurance pour lequel les critères de défaillance doivent être définis dans la spécification particulière.

Il est essentiel que les dispositifs ou les sous-systèmes d'AFO évalués soient entièrement représentatifs de la production de norme et soient passés par toutes les procédures de production et/ou les procédures spécifiées de rodage et de sélection (si applicables dans la DS).

Des aspects des conditions d'essai non fournies dans la présente norme sont donnés dans les spécifications particulières concernées.

4.4.5 Similarité structurelle

Lorsqu'une gamme de modules d'amplificateurs optiques est produite par un FAFO, il peut exister de la similarité structurelle significative entre des codes de types différents. Une combinaison des résultats de différents programmes d'essai, le cas échéant, est par conséquent autorisée.

Il convient de prendre en considération le fait que des différences mineures dans la technologie ou le traitement puissent influencer grandement sur la fiabilité, alors qu'elles ne sont pas apparentes pendant l'assurance de la qualité.

NOTE Il convient de présenter la preuve que tous les résultats sont directement pertinents.

4.5 Procédures

4.5.1 Analyse des résultats de fiabilité

Le client et le FS d'AFO doivent avoir une procédure pour analyser et vérifier les assertions de fiabilité d'un FAFO. En particulier, il convient d'inclure dans la procédure l'analyse des éléments suivants:

- données d'essai de durée de vie pour le module complet de l'amplificateur à fibres optiques;
- données d'essai de durée de vie pour composants internes;
- résultats d'essai d'environnement;
- le cas échéant, données et résultats d'essai pour les CQC appropriés.

L'analyse des résultats conduit à consigner les paramètres de fiabilité de l'AFO pour chaque type de dispositif ou de sous-système. Les paramètres de fiabilité minimaux doivent être présentés comme dans le tableau 5 (voir ci-après).

4.5.2 Calculs de fiabilité

Une prévision de fiabilité concernant le dispositif ou le sous-système d'AFO complet est fournie par le FAFO, fondée sur les taux de défaillance (en FIT (défaillance dans le temps)) des boîtes noires internes composant l'AFO.

Les taux de défaillance des boîtes noires internes doivent être donnés par le FAFO en tenant compte des valeurs de base provenant des composants-heures cumulés émanant des différents composants compris dans l'amplificateur. Les calculs pour chaque boîte noire interne doivent être fondés sur les normes en cours relatives aux calculs de fiabilité.

The failure criterion is a drift in output power of 0,5 dB or any other non-compliance to the detail specification as agreed between customer and supplier, except in the endurance test, for which the failure criteria shall be defined in the detail specification.

It is essential that the evaluated OFA devices or sub-systems are entirely representative of standard production and have passed all the production procedures and/or specified (where applicable in the DS) burn-in and screening procedures.

Aspects of the test conditions not provided in the present standard are given in the relevant detail specifications.

4.4.5 Structural similarity

Where a range of optical amplifier modules is produced by an OFAM, there may be some significant structural similarity between different type codes. A combination of results from different test programmes, where appropriate, is therefore permitted.

Consideration should be given to the fact that minor differences in technology or processing can have a major impact on reliability, whilst not being apparent during quality assessment.

NOTE Evidence should be presented which demonstrates that all results are directly relevant.

4.5 Procedures

4.5.1 Analysis of reliability results

The OFA customer/SS shall have a procedure to analyze and verify reliability claims of an OFAM. In particular, the procedure should include the analysis of:

- lifetest data for the complete optical fibre amplifier module;
- lifetest data for internal components;
- environmental test results;
- where appropriate, the data and test results for appropriate CQCs.

The analysis of results leads to reporting the reliability parameters of the OFA for each type of device or sub-system. Minimum reliability parameters shall be presented as in table 5 (see below).

4.5.2 Reliability calculations

A reliability prediction regarding the complete OFA device or sub-system is provided by the OFAM, based on the failure rates (in FIT (failure in time)) of the internal black boxes composing the OFA.

The failure rates of the internal black boxes shall be given by the OFAM taking into account the basic values issued from the cumulated component-hours issued from the different components included in the amplifier. The calculations for each internal black box shall be based on the current standards regarding reliability calculations.

Les calculs de fiabilité comprennent également les défaillances par usure, qui concernent principalement le module de laser à pompe pour l'amplificateur à fibres optiques. Les chiffres de FIT donnés pour chaque boîte noire interne doivent prendre en compte tous les modes de défaillances prévus.

Les chiffres de FIT des boîtes noires internes doivent être combinés pour donner le taux de défaillance de l'AFO comme l'explique le tableau 5.

Tableau 5 – Taux de défaillance des composants

Elément	Nombre d'éléments	Valeur mesurée (UCL 95 %)
Fibre dopée	n_1	A_1 FIT (défaillance aléatoire)
Epissure	n_2	A_2 FIT (défaillance aléatoire)
Connecteur	n_3	A_3 FIT (défaillance aléatoire)
Electronique	n_4	A_4 FIT (défaillance aléatoire)
Module de laser à pompe type 1	$n_{(4+1)}$	$A_{(4+1)}$ FIT (défaillance aléatoire et par usure)
Module de laser à pompe type 2	$n_{(4+2)}$	$A_{(4+2)}$ FIT (défaillance aléatoire et par usure)
Module de laser à pompe type m	$n_{(4+m)}$	$A_{(4+m)}$ FIT (défaillance aléatoire et par usure)
Module de diode de contrôle type 1	$n_{(4+m+1)}$	$A_{(4+m+1)}$ FIT (défaillance aléatoire)
Module de diode de contrôle type 2	$n_{(4+m+2)}$	$A_{(4+m+2)}$ FIT (défaillance aléatoire)
Module de diode de contrôle type h	$n_{(4+m+h)}$	$A_{(4+m+h)}$ FIT (défaillance aléatoire)
Composant passif optique type 1	$n_{(4+m+h+1)}$	$A_{(4+m+h+1)}$ FIT (défaillance aléatoire)
Composant passif optique type 2	$n_{(4+m+h+2)}$	$A_{(4+m+h+2)}$ FIT (défaillance aléatoire)
Composant passif optique type k	$n_{(4+m+h+k)}$	$A_{(4+m+h+k)}$ FIT (défaillance par usure)
TOTAL D'AMPLIFICATEUR OPTIQUE		$\sum_i A_i \cdot n_i$
NOTE 1 n_i est le nombre de composants de chaque type inclus dans l'AFO.		
NOTE 2 S'il existe une certaine redondance dans la configuration de source de la pompe, le taux de FIT à déclarer est celui du module de pompe dans son ensemble (c'est-à-dire compte tenu qu'un laser secondaire est allumé lorsque le laser primaire présente une défaillance).		

Le niveau de confiance des calculs de fiabilité est évalué par les essais prescrits en 4.4 sur le dispositif ou le sous-système d'AFO dans son ensemble.

Le taux de défaillance par usure pour le module laser à pompe est calculé selon les critères réels de fin de vie de l'amplificateur optique, qui peuvent être plus sévères que le modèle de fiabilité courant pour d'autres modules laser. Le taux de défaillance aléatoire est déduit pour d'autres composants par des essais réalisés pour la qualification de fiabilité ou par des données d'exploitation (c'est-à-dire les épissures, les connecteurs).

4.5.3 Audits/visites techniques aux fabricants de l'AFO

A l'étude.

4.5.4 Modifications de conception/processus

Le client/le FS (et l'ONS) doivent être informés par le FAFO de toute modification de conception ou de processus.

The reliability calculations will also include the wear-out failures, which mainly concern the pump laser module for the optical fibre amplifier. The FIT figures given for each internal black box shall take into account all expected failure modes.

The FIT figures of the internal black boxes shall be combined to give the failure rate of the OFA as explained in table 5.

Table 5 – Failure rate of components

Element	Number of elements	Measured value (UCL 95 %)
Doped fiber	n_1	A_1 FIT (random failure)
Splice	n_2	A_2 FIT (random failure)
Connector	n_3	A_3 FIT (random failure)
Electronics	n_4	A_4 FIT (random failure)
Pump laser module type 1	$n_{(4+1)}$	$A_{(4+1)}$ FIT (random and wear-out failure)
Pump laser module type 2	$n_{(4+2)}$	$A_{(4+2)}$ FIT (random and wear-out failure)
Pump laser module type m	$n_{(4+m)}$	$A_{(4+m)}$ FIT (random and wear-out failure)
Monitor diode module type 1	$n_{(4+m+1)}$	$A_{(4+m+1)}$ FIT (random failure)
Monitor diode module type 2	$n_{(4+m+2)}$	$A_{(4+m+2)}$ FIT (random failure)
Monitor diode module type h	$n_{(4+m+h)}$	$A_{(4+m+h)}$ FIT (random failure)
Passive optical component type 1	$n_{(4+m+h+1)}$	$A_{(4+m+h+1)}$ FIT (random failure)
Passive optical component type 2	$n_{(4+m+h+2)}$	$A_{(4+m+h+2)}$ FIT (random failure)
Passive optical component type k	$n_{(4+m+h+k)}$	$A_{(4+m+h+k)}$ FIT (wear-out failure)
TOTAL OPTICAL AMPLIFIER		$\sum_i A_i \cdot n_i$
NOTE 1 n_i is the number of components of each type included in the OFA.		
NOTE 2 If there is some redundancy in the pump source configuration, the FIT rate to be declared is that of the pump module as a whole (i.e. taking into account that a secondary laser is turned on when the primary laser fails).		

The confidence level of the reliability calculations is assessed through the tests required in 4.4 on the OFA device or sub-system as a whole.

The wear-out failure rate for the pump laser module is calculated according to the real end-of-life criteria of the optical amplifier, which may be more stringent than the current reliability model for other laser modules. The random failure rate will be inferred for other components from tests performed for reliability qualification or from field data (that is, splices, connectors).

4.5.3 Audits/technical visits to OFA manufacturers

Under consideration.

4.5.4 Design/process changes

The customer/SS (and NSI) shall be informed by the OFAM of any design or process change.

4.5.5 Livraison

A l'étude.

4.5.6 Documentation du fournisseur

A l'étude.

5 Orientation

5.1 Orientation sur les calculs du taux de défaillance

Une proposition de norme de fiabilité de la CEI pour des composants passifs est actuellement en préparation.²

5.2 Mécanismes de défaillance d'AFO

Le mécanisme de défaillance critique pour les AFO correspond aux défaillances des composants de base utilisés dans ceux-ci, la défaillance des épissures utilisées pour assembler ces composants et les contraintes thermiques et mécaniques sur la fibre nue et sur les composants dans l'AFO.

Par conséquent, les essais mécaniques sont essentiels pour évaluer si l'ancrage des composants dans l'AFO est correct. Les essais mécaniques représentent la liste d'essais minimale prescrite pour toute nouvelle conception mécanique d'amplificateur optique.

² CEI 62005-9, *Reliability of fibre optic interconnecting devices and passive optical components – Part 9: Reliability qualification standard* (en préparation)

4.5.5 Delivery

Under consideration.

4.5.6 Supplier documentation

Under consideration.

5 Guidance

5.1 Guidance on failure rate calculations

An IEC reliability standard proposal for passive components is currently in preparation²

5.2 OFA failure mechanisms

Critical failure mechanism for OFAs are the failures of the basic components used in them, the failure of the splices used to assemble these components and the thermal and mechanical stresses on the bare fiber and on the components in the OFA.

Therefore, mechanical tests are essential for evaluating if anchoring of the components in the OFA is correct. Mechanical tests represent the minimum test list required for any new mechanical design of optical amplifier.

² IEC 62005-9, *Reliability of fibre optic interconnecting devices and passive optical components – Part 9: Reliability qualification standard* (in preparation).

Annexe A (normative)

Procédures pour les essais de fiabilité des composants AFO

A.1 Introduction

Cette annexe normative contient des listes d'essai et des conditions d'essai appropriées pour évaluer la fiabilité des composants d'AFO (considérés comme boîtes noires). Ces listes reflètent la pratique ordinaire dans l'industrie de fabrication de l'AFO et sont données en référence, ainsi que les documents CEI publiés applicables, pour les utilisateurs d'AFO.

NOTE Les références CEI comprises dans les tableaux suivants sont soumises à des mises à jour pour prendre en compte de nouveaux documents au moment où ils sont publiés.

A.2 Essais prescrits pour des composants optiques passifs

Les tableaux A.1a et A.1b décrivent les essais prescrits pour les composants optiques passifs utilisés dans le dispositif ou le sous-système d'AFO dans un environnement contrôlé (tableau A.1a) et dans l'environnement d'une installation extérieure (tableau A.1b). Pour ces tableaux et pour le tableau A.2, le nombre d'échantillons est de 11 pour chaque essai, et aucun défaut n'est permis.

Annex A (normative)

Procedures for reliability testing of OFA components

A.1 Introduction

This normative annex contains test lists and test conditions suitable to assess the reliability of OFA components (seen as black boxes). These lists reflect the common practice in the OFA manufacturing industry and are given as a reference, together with the relevant published IEC documents, for OFA users.

NOTE IEC references included in the following tables are subject to updating to include new documents as they are published.

A.2 Tests required for passive optical components

Tables A.1a and A.1b describe the tests required for passive optical components used in the OFA device or sub-system in controlled environment (table A.1a) and in outside plant environment (table A.1b). In these tables and in table A.2, the number of samples is 11 for each test, and no defects are allowed.

Tableau A.1a – Essais prescrits sur les composants optiques passifs utilisés dans des AFO dans un environnement contrôlé

Essai	Conditions	Durée	Référence CEI
Chaleur sèche – Résistance à haute température (Stockage de température)	$T_{\text{stg max}} = 85\text{ °C}$ $< 40\text{ \% HR}$ $T_{\text{stg min}} = -40\text{ °C}$	$Q = 2\,000\text{ h}$ $I > 5\,000\text{ h}$	61300-2-18
Variations de température (Cycle de température)	$T_{\text{stg min}} / T_{\text{stg max}}$ $-40\text{ °C à } 70\text{ °C}$ Rampe: 1 °C/min	$Q = 100\text{ cycles}$ $I = 500\text{ cycles}$	61300-2-22
Chaleur humide	$85\text{ °C}/85\text{ \% HR}$ ou $75\text{ °C}/90\text{ \% HR}$	$Q = 500\text{ h}$ $I = 2\,000\text{ h}$	61300-2-19
Choc (chute libre)	500 G	8 impacts 3 axes Répéter 5x	61300-2-9
Vibrations	10 Hz à 2 000 Hz 20 G	20 min de balayage 3 axes Répéter 12x	61300-2-1
Variations de température (Chocs thermiques)	$\Delta = 100\text{ °C à } 125\text{ °C}$	30 min de maintien 20 cycles	61300-2-22 60068-2-14
Essai de traction de fibre (accès optique)/ rétention de câble	5 N – 10 N	1 min	61300-2-4
Charge latérale statique (Fibre-amorce – traction latérale)	2,5 N – 5 N ^a Angle de traction 90°	5 s	61300-2-42
Flexion (pour $\geq 2\text{ mm}$ de diamètre uniquement)	0,45 kg 0° à -180° à +180° à 0° = un cycle	100x	61300-2-44 ³
Torsion/rotation (pour $\geq 2\text{ mm}$ de diamètre uniquement)	0,45 kg 0° à -360° à +360° à 0° = un cycle	10x	61300-2-5
Voir tableau A.1b pour les notes.			
^a La force de 2,5 N s'adresse aux amorces de diamètres de 250 µm et de 900 µm; 5 N s'adresse aux amorces de plus grands diamètres.			

³ CEI 61300-2-44, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2-44: Essais – Flexion des câbles à fibres optiques* (en préparation)

**Table A.1a – Tests required on passive optical components
used in OFAs in a controlled environment**

Test	Conditions	Duration	IEC reference
Dry heat – High temperature endurance (Temperature storage)	$T_{\text{stg max}} = 85\text{ °C}$ $< 40\text{ \% RH}$ $T_{\text{stg min}} = -40\text{ °C}$	$Q = 2\,000\text{ h}$ $I > 5\,000\text{ h}$	61300-2-18
Change of temperature (Temperature cycling)	$T_{\text{stg min}} / T_{\text{stg max}}$ $-40\text{ °C to }70\text{ °C}$ Ramp: 1 °C/min	$Q = 100\text{ cycles}$ $I = 500\text{ cycles}$	61300-2-22
Damp heat	$85\text{ °C} / 85\text{ \% RH}$ or $75\text{ °C} / 90\text{ \% RH}$	$Q = 500\text{ h}$ $I = 2\,000\text{ h}$	61300-2-19
Shock (free drop)	500 G	8 impacts 3 axes Repeat 5x	61300-2-9
Vibration	10 Hz to 2 000 Hz 20 G	20 min sweep 3 axes Repeat 12x	61300-2-1
Change of temperature (Thermal shock)	$\Delta = 100\text{ °C to }125\text{ °C}$	30 min dwell 20 cycles	61300-2-22 60068-2-14
Fibre pull test (optical ports)/ cable retention	5 N – 10 N	1 min	61300-2-4
Static side load (Side pull – pigtail)	2,5 N – 5 N ^a Pull angle 90 °	5 s	61300-2-42
Flex (for $\geq 2\text{ mm}$ diameter only)	0,45 kg $0\text{ ° to }-180\text{ ° to }+180\text{ °}$ to 0 ° = one cycle	100x	IEC 61300-2-44 ³
Torsion/twist (for $\geq 2\text{ mm}$ diameter only)	0,45 kg $0\text{ ° to }-360\text{ ° to }+360\text{ °}$ to 0 ° = one cycle	10x	IEC 61300-2-5
See table A.1b for notes.			
^a The 2,5 N force applies to 250 μm and 900 μm diameter pigtails; 5 N applies to pigtails of larger diameter			

³ IEC 61300-2-44: *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-44: Tests – Optical fibre cable flexing* (in preparation)

Tableau A.1b – Essais prescrits sur des composants optiques passifs utilisés dans les AFO dans un environnement d'installation extérieure

Essai	Conditions	Durée	Référence CEI
Chaleur sèche – Résistance à haute température (Stockage de température)	$T_{\text{stg,max}} = 85\text{ °C}$ $< 40\text{ \% HR}$ $T_{\text{stg,min}} = -40\text{ °C}$	$Q = 2\,000\text{ h}$ $I > 5\,000\text{ h}$	61300-2-18
Variations de température (Cycle de température)	$T_{\text{stg,min}} / T_{\text{stg,max}}$ -40 °C à 70 °C Rampe: 1 °C/min	$Q = 500\text{ cycles}$ $I = 1\,000\text{ cycles}$	61300-2-22
Chaleur humide	$85\text{ °C}/85\text{ \% HR}$ ou $75\text{ °C}/90\text{ \% HR}$	$Q = 2\,000\text{ h}$ $I > 5\,000\text{ h}$	61300-2-19
Choc/impact	500 G	8 impacts 3 axes Répéter 5x	61300-2-9
Vibrations	10 Hz à 2 000 Hz 20 G	20 min de balayage 3 axes Répéter 12x	61300-2-1
Variations de température (Chocs thermiques)	$\Delta = 100\text{ °C}$ à 125 °C	30 min de maintien 20 cycles	61300-2-22
Essai de traction de fibre (accès optique)/rétention de câble	5 N – 10 N	1 min	61300-2-4
Flexion (pour $\geq 2\text{ mm}$ de diamètre uniquement)	0,45 kg 0 ° à -180 ° à $+180\text{ °}$ à 0 ° = un cycle	100x	61300-2-44
Torsion/rotation (pour $\geq 2\text{ mm}$ de diamètre uniquement)	0,45 kg 0 ° à -360 ° à $+360\text{ °}$ à 0 ° = un cycle	10x	61300-2-5
Charge latérale statique (Fibre-amorce – traction latérale)	2,5 N – 5 N ^a Angle de traction de 90 °	5 s	61300-2-42
^a La force de 2,5 N s'adresse aux amorces de diamètres de 250 μm et de 900 μm ; 5 N s'adresse aux amorces de plus grands diamètres.			
NOTE 1 Le nombre d'échantillons pour chaque essai est de 11. NOTE 2 Aucun défaut n'est permis dans aucun des essais. NOTE 3 Si la température de stockage est inférieure à la température spécifiée pour les essais d'humidité, un autre essai à $T_{\text{stg,max}}$ et RH $\geq 85\text{ \%}$ est effectué. NOTE 4 $T_{\text{stg,min}}$ est la température de stockage minimal d'AFO. $T_{\text{stg,max}}$ est la température de stockage maximal d'AFO. G est la valeur normalisée d'accélération de gravité (9,80665 m/s²). NOTE 5 Les mêmes pièces peuvent être utilisées dans de différents essais, surtout pour les essais de chocs, de vibration et de traction. NOTE 6 Les critères de défaillance recommandés correspondent à une dérive de perte d'insertion supérieure à 0,3 dB à une longueur d'onde spécifiée, et toute autre non-conformité à la spécification particulière. NOTE 7 Une référence à la méthode d'essai du cycle de température est fournie dans la bibliographie.			

**Table A.1b – Tests required on passive optical components
used in OFAs in outside plant environment**

Test	Conditions	Duration	IEC Reference
Dry heat – High temperature endurance (Temperature storage)	$T_{\text{stg max}} = 85\text{ °C}$ $< 40\text{ \% RH}$ $T_{\text{stg min}} = -40\text{ °C}$	$Q = 2\,000\text{ h}$ $I > 5\,000\text{ h}$	61300-2-18
Change of temperature (Temperature cycling)	$T_{\text{stg min}} / T_{\text{stg max}}$ -40 °C to 70 °C Ramp: 1 °C/min	$Q = 500\text{ cycles}$ $I = 1\,000\text{ cycles}$	61300-2-22
Damp heat	$85\text{ °C} / 85\text{ \% RH}$ or $75\text{ °C} / 90\text{ \% RH}$	$Q = 2\,000\text{ h}$ $I > 5\,000\text{ h}$	61300-2-19
Shock/impact	500 G	8 impacts 3 axes Repeat 5x	61300-2-9
Vibration	10 Hz to 2 000 Hz 20 G	20 min sweep 3 axes Repeat 12x	61300-2-1
Change of temperature (Thermal shock)	$\Delta = 100\text{ °C}$ to 125 °C	30 min dwell 20 cycles	61300-2-22
Fibre pull test (optical ports)/ cable retention	5 N – 10 N	1 min	61300-2-4
Flex (for $\geq 2\text{ mm}$ diameter only)	0,45 kg 0° to -180° to $+180^\circ$ to $0^\circ = \text{one cycle}$	100x	61300-2-44
Torsion/twist (for $\geq 2\text{ mm}$ diameter only)	0,45 kg 0° to -360° to $+360^\circ$ to $0^\circ = \text{one cycle}$	10x	61300-2-5
Static side load (Side pull – Pigtail)	2,5 N – 5 N ^a Pull angle 90°	5 s	61300-2-42
^a The 2,5 N force applies to 250 μm and 900 μm diameter pigtails; 5 N applies to pigtails of larger diameter			
NOTE 1 The number of samples is 11 in each test.			
NOTE 2 No defects are allowed in any test.			
NOTE 3 If the storage temperature is lower than the specified temperature for humidity testing, another test at $T_{\text{stg max}}$ and $\text{RH} \geq 85\text{ \%}$ is done.			
NOTE 4 $T_{\text{stg min}}$ is the OFA minimum storage temperature; $T_{\text{stg max}}$ is the OFA maximum storage temperature; G is the standard value of gravity acceleration ($9,80665\text{ m/s}^2$).			
NOTE 5 Same pieces can be used in different tests, especially for shocks, vibration and pull tests.			
NOTE 6 The recommended failure criteria are a drift in insertion loss greater than 0,3 dB at a specified wavelength, and any other non-conformance to the detail specification.			
NOTE 7 A reference to the temperature cycle test method is provided in the bibliography.			

Le tableau A.2 indique les essais prescrits pour les connecteurs.

Tableau A.2 – Essais prescrits pour les connecteurs optiques

Essai	Conditions	Durée	Référence CEI
Chaleur sèche – Résistance à haute température (Stockage de température)	70 °C	5 000 h	61300-2-18
	85 °C	72 h	
	–40 °C	72 h	
Variations de température (Cycle de température)	–25 °C / 70 °C	500 cycles	61300-2-22
Chaleur humide	85 °C / 85 % HR ou 40 °C / 93 % HR	2 000 h	61300-2-19
Durabilité de l'accouplement (Cycles d'accouplement)	500		61300-2-2

Les critères de défaillance recommandés correspondent à une dérive de perte d'insertion supérieure à 0,3 dB (valeur provisoire) à 1 550 nm ou à une longueur d'onde spécifiée sans variation de perte du connecteur (pour essais du tableau A.2), une dérive du facteur d'adaptation supérieure à 5 dB et toute autre non-conformité à la spécification particulière.

A.3 Essais prescrit pour la fibre dopée

Le tableau A.3 indique les essais prescrits pour la fibre dopée.

Tableau A.3 – Essais prescrits pour la fibre dopée

Essai	Condition
Essai d'épreuve	Essai d'épreuve fondé sur les conditions de déploiement
Vieillessement à l'hydrogène	Voir note ci-après
Force de dénudation de fibre (pour fibre non hermétique uniquement)	Dénudation mécanique

NOTE Vieillessement à l'hydrogène: Sans tenir compte de la protection contre l'hydrogène, il faut que le fabricant d'AFO soit en mesure de démontrer que l'AFO remplit cette prescription en présence d'hydrogène pouvant atteindre 0,01 atm sur la durée de vie du module. Il convient de le faire en exposant la fibre à des pressions et des températures d'accélération. Le choix correct de la pression et de la température d'accélération varie en fonction de la conception et de la méthode de fabrication de la fibre. Le FAFO et le FS seront d'accord sur la méthode d'essai appliquée.

Les essais de courbure sur la fibre dopée sont réalisés avec des rayons de courbure similaires à ceux que l'on rencontre dans les conditions d'utilisation; il faut que les conditions d'essai soient spécifiées (fibre nue, fibre soumise aux essais sur une bobine ou un mandrin, etc.). Les essais sont réalisés de préférence sur la fibre fournie; si nécessaire, des essais additionnels sur la fibre dans un sous-ensemble peuvent être réalisés. La méthode d'essai sur la fibre d'un sous-ensemble est FFS.

Les impacts de température et d'humidité sont actuellement à l'étude par les fournisseurs de fibres dopées.

Ici, il est prévu que la fibre dopée soit une fibre à base de silice telle que celle qui est utilisée dans les EDSFAs. Par ailleurs, les fibres sans silice comprenant, par exemple, EDFs, EDTFs, PDFs, et TDFs nécessitent habituellement d'être logées dans un boîtier étanche pour éviter les détériorations liées à l'humidité. Par conséquent, le boîtier étanche est traité comme un module de fibre dopée et est qualifié de façon séparée en tenant compte de la particularité de ses propriétés mécaniques.

Table A.2 indicates the tests required on connectors.

Table A.2 – Tests required for optical connectors

Test	Conditions	Duration	IEC reference
Dry heat – high temperature endurance (Temperature storage)	70 °C	5 000 h	61300-2-18
	85 °C	72 h	
	–40 °C	72 h	
Change of temperature (Temperature cycling)	–25 °C / 70 °C	500 cycles	61300-2-22
Damp heat	85 °C / 85 % RH or 40 °C / 93 % RH	2 000 h	61300-2-19
Mating durability (Mating cycles)	500		61300-2-2

The recommended failure criteria are a drift in insertion loss greater than 0,3 dB [provisional value] at 1 550 nm or at a specified wavelength excluding the connector loss variation (for tests in table A.2), a drift of return loss greater than 5 dB, and any other non-compliance to the detail specification.

A.3 Tests required for the doped fiber

Table A.3 indicates the tests required for the doped fibre.

Table A.3 – Tests required for the doped fibre

Test	Condition
Proof test	Proof test based on deployment condition
Hydrogen aging	See note below
Fiber strip force (for non-hermetic fiber only)	Mechanical stripping

NOTE Hydrogen aging: Regardless of hydrogen protection, the OFA maker must be able to demonstrate that the OFA will meet this requirement in the presence of as much as 0,01 atm of hydrogen over the life of the device. This should be done by exposing the fiber to accelerating temperatures and pressures. The proper choice of accelerating temperature and pressure varies by fiber design and method of manufacture. The applied test method will be agreed upon between the OFAM and SS.

The bending tests on the doped fibre are performed with bending radii similar to those encountered in the conditions of use; the test conditions shall be specified (bare fibre, fibre tested on a bobbin or mandrel, etc.). The tests are performed preferentially on the fibre as supplied; if needed, additional tests on the fibre in a sub-assembly can be performed. The test method on the fibre in a sub-assembly is FFS

Temperature and humidity impacts are currently under study by the suppliers of doped fiber.

Here, the doped fibre is intended to be a silica-based fibre such as that used in EDSFAs. On the other hand, non-silica-based fibres comprising, for example, EDFFs, EDTFs, PDFFs, and TDFFs, usually need to be housed in a sealed package to avoid moisture damage. Therefore, the sealed package is treated as a doped fibre module and qualified separately taking into account the peculiarity of its mechanical properties.

A.4 Essais prescrits pour composants opto-électroniques

Les essais de fiabilité prescrits pour des modules de laser à pompe sont décrits dans la CEI 61751, et ceux-ci peuvent être appliqués aux lasers à pompe; ceux concernant les modules de détection sont en voie d'exécution. Une liste d'essais prescrits est donnée au tableau A.4. Les paramètres à essayer sont FFS.

Tableau A.4 – Essais prescrits pour composants opto-électroniques

Essai d'endurance
Essais d'épreuve de fibre
Rétention de fibre
Cycle de température
Herméticité
Chocs et vibrations
Stockage à haute température
Stockage à basse température
ESD
....