

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Optical amplifiers –

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

Amplificateurs optiques –

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61291-5-2:2017



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee, ...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Optical amplifiers –

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

Amplificateurs optiques –

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.180.30

ISBN 978-2-8322-9361-4

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

CONTENTS	2
FOREWORD	3
1 Scope	5
2 Normative references	5
3 Terms, definitions and abbreviated terms	6
3.1 Terms and definitions	6
3.2 Abbreviated terms	6
4 Reliability requirements	7
4.1 Tests	7
4.1.1 General	7
4.1.2 Reliability qualification of components	7
4.1.3 Reliability qualification of the OFA assembly process	8
4.1.4 Reliability qualification of the OFA device or sub-system	8
4.1.5 Structural similarity	10
Annex A (normative) Procedures for reliability testing of OFA components	11
A.1 General	11
A.2 Tests required for passive optical components	11
A.3 Tests required for the doped fibre	11
Annex B (informative) Reliability calculations	12
B.1 Reliability calculation	12
B.2 Guidance on failure rate calculations	13
Bibliography	14
Table 1 – Minimum test list for passive optical components, pump laser modules, monitor diode modules and optical connectors	7
Table 2 – Minimum test list for doped fibre	8
Table 3 – Tests required for splices	8
Table 4 – Minimum list for tests required on OFA devices and sub-systems	9
Table A.1 – Tests required for the doped fibre	11
Table B.1 – Failure rate of components	13

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL AMPLIFIERS –

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

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. 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.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2002. It constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) removal of the contents on the relating quality management system from scope, terms and definitions, and the reliability requirements;
- b) moving fit-rate calculation to Annex B (informative);
- c) change of requirements for shock test;
- d) amendment of abbreviations related to changes a) and b).

The text of this International Standard is based on the following documents:

CDV	Report on voting
86C/1376/CDV	86C/1426/RVC

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

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

A list of all parts in the IEC 61291 series, published under the general title *Optical amplifiers*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61291-5-2:2017

OPTICAL AMPLIFIERS –

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

1 Scope

This part of IEC 61291 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 document. 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 document gives requirements for the evaluation of OA reliability by combining the reliability of such internal black boxes.

The object of this document is to specify the minimum list of reliability qualification tests, requirements on failure criteria during testing and on reliability predictions, and give the relevant normative references 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.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60050-731, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 731: Optical fibre communication*

IEC 60068-2-2:2007, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2-14: 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 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-31, *Tests – Test Ec: Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens*

IEC 60068-2-78, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

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

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

IEC 62005-9-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Reliability – Part 9-1: Qualification of passive optical components*

IEC 62005-9-2, *Reliability of fibre optic interconnecting devices and passive optical components – Part 9-2: Reliability qualification for single fibre optic connector sets – Single mode*

TIA 455-11, *FOTP-11 Vibration Test Procedure for Fiber Optic Components and Cables*

3 Terms, definitions and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61291-1, IEC 60050-731 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1.1 failure

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

3.1.2 OFA manufacturer OFAM

manufacturer who provides optical fibre amplifier (OFA) devices or subsystems meeting the requirements of the applicable product specification (PS)

Note 1 to entry PS includes the reliability requirement.

3.2 Abbreviated terms

EDFF	erbium doped fluoride fibre
EDSFA	erbium doped silica fibre amplifier
EDTF	erbium doped tellurite fibre
FIT	failure in time
FFS	for further study
OA	optical amplifier
OFA	optical fibre amplifier
OFAM	optical amplifier manufacturer
OFAM	optical fibre amplifier manufacturer
PDFF	praseodymium doped fluoride fibre
PS	product specification
RH	relative humidity
DFF	thulium doped fluoride fibre
UCL	upper confidence level

4 Reliability requirements

4.1 Tests

4.1.1 General

An optical fibre amplifier (OFA) device or sub-system is an assembly of various parts and components of different nature. A main point in the reliability testing of the OFA device or sub-system is to ensure the reliability of each part and basic manufacturing process used and to provide a route that may result in an understanding of design margins. For the purpose of this document, each internal part shall be seen as a black box.

This document is based on the assumption that the reliability of an optical amplifier (OA) can be evaluated with sufficient confidence from the failure in time (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 4.1.3.

The reliability assurance is confirmed by the test procedure described in 4.1.4 carried out on the OFA device or sub-system as a whole.

The basic parts usually constituting an OFA are listed below:

- passive optical components;
- opto-electronic components;
- doped fibres or doped fibre modules;
- optical connectors;
- electronics;
- others (to be specified);
- mechanical packaging.

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

The OFA failure rate should be calculated by suitably combining the FIT rates of its internal parts, as described in Annex B.

4.1.2 Reliability qualification of components

Table 1 and Table 2 give the minimum list of tests to be performed on the various parts, where used, 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

Component	Reference
Pump laser diode	IEC 62572-3 (informative)
Photo diode	To be defined
Passive optical components	IEC 62005-9-1
Optical connectors	IEC 62005-9-2
Variable optical attenuators	To be defined

Table 2 – Minimum test list for doped fibre

Test
Proof test
Hydrogen aging
Fibre coating strip force (for non-hermetic fibre only)

A set of test conditions suitable to the test lists in Table 1 and Table 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.

4.1.3 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 winding and splice process is one of the most critical steps in the OFA assembly process.

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

Table 3 indicates the tests required on splices.

Table 3 – Tests required for splices

Tests	Conditions	Reference
High temperature storage	+85 °C 2 000 h	IEC 60068-2-2, Tests B
Change of temperature (Thermal cycling) ^a	-40 °C / +85 °C 2 °C/min <i>Q</i> = 100 cycles <i>I</i> = 500 cycles	IEC 60068-2-14
Damp heat	40 °C 93 % RH 500 h	IEC 60068-2-78
Shock	1 000 m/s ² 6 ms 6 times/axis	IEC 60068-2-27
Vibrations	5 Hz to 50 Hz, 15 m/s ² 50 Hz to 500 Hz, 30 m/s ² 3 axis Duration 15 sweeps	TIA 455-11
Robustness test (Pull test)	5 N 10 s	IEC 60068-2-21
^a <i>Q</i> : data for qualification, <i>I</i> : data for information.		

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

4.1.4 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 4.1.2.

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.

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

Test		Condition	Duration	Operating	Samples
Temperature storage		$T_{\text{stg,min}}/T_{\text{stg,max}}$	72 h	-	3
Temperature cycling ^a		$T_{\text{stg,min}}/T_{\text{stg,max}}$ Ramp > 1 °C/min	$Q = 100$ cycles $I = 500$ cycles	Y	3
Damp heat		85 °C to 85 % RH ^b	$Q = 500$ h $I = 1\,000$ h	-	3
Mechanical test	Shock (≤ 0,225 Kg) ^c	3 000 m/s ² 3 ms pulse	5 shocks per direction, 6 directions	-	3
		See table below ^d	See table below ^c	-	
	Shock (> 0,225 Kg) ^c	500 m/s ² , 11 ms pulse	5 shocks per direction, 6 directions	-	3
		See table below ^d	See table below ^c	-	
	Shock: circuit pack, blades and racks ^c	See table below ^d	See table below ^c	-	3
	Vibration (≤ 1 Kg)	200 m/s ² , 20 Hz to 2 000 Hz to 20 Hz 3-axis, 4 cycles per axis, 2 h/axis	4 mins/cycle	-	3
	Vibration (> 1 Kg)	5 Hz to 50 Hz, 15 m/s ² 50 Hz to 500 Hz, 30 m/s ² 3-axis	0,1 oct/min 0,25 oct/min	-	3
	Vibration: circuit pack, blades and racks	5 Hz to 100 Hz to 5 Hz, 10 m/s ² 3-axis	0,25 oct/min	-	3
Pull ^e		5 N, 10 N and 100 N ^d		-	≥ 12
Endurance ^a		$T_{\text{op,max}}/P_{\text{nom}}$	$Q = 1\,000$ h $I = 2\,000$ h	Y	3

Test	Condition	Duration	Operating	Samples								
No failures are allowed												
Tests may be performed sequentially or in parallel.												
If the storage temperature is lower than the specified humidity temperature, another test at $T_{\text{stg,max}}$ and RH $\geq$ 85 % is done.												
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 product specification (PS)). To check any drift of the amplifier, relevant parameters [such as output power, pump parameters (if accessible) etc.] may be measured during the test.												
A reference to the temperature cycle test method is provided in Annex B.												
$T_{\text{stg,min}}$ 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.												
a Q: qualification, I: information.												
b 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.												
c Either controlled shock test or drop test can be applied.												
d Mechanical test: shock (free drop, IEC 60068-2-27 and IEC 60068-2-31)												
<table><tr><th>Mass</th><th>Drop height</th></tr><tr><td>kg</td><td>mm</td></tr><tr><td>$0 \leq \text{mass} < 10$</td><td>100</td></tr><tr><td>$10 \leq \text{mass} < 25$</td><td>75</td></tr></table>					Mass	Drop height	kg	mm	$0 \leq \text{mass} < 10$	100	$10 \leq \text{mass} < 25$	75
Mass	Drop height											
kg	mm											
$0 \leq \text{mass} < 10$	100											
$10 \leq \text{mass} < 25$	75											
e Pigtail testing – pull test (the first figure in each row below is the outer diameter of the buffered or cabled fibre to which the specified test conditions do apply)												
<table><tr><td rowspan="3">Cable retention (pull)</td><td>reinforced fibre: 20 N to 100 N, 3 times, 5 s pulls</td><td rowspan="3">IEC 61300-2-4</td></tr><tr><td>secondary coated fibre: 10 N, 3 times, 5 s pulls</td></tr><tr><td>primary coated fibre: 5 N, 3 times, 5 s pulls</td></tr></table>					Cable retention (pull)	reinforced fibre: 20 N to 100 N, 3 times, 5 s pulls	IEC 61300-2-4	secondary coated fibre: 10 N, 3 times, 5 s pulls	primary coated fibre: 5 N, 3 times, 5 s pulls			
Cable retention (pull)	reinforced fibre: 20 N to 100 N, 3 times, 5 s pulls	IEC 61300-2-4										
	secondary coated fibre: 10 N, 3 times, 5 s pulls											
	primary coated fibre: 5 N, 3 times, 5 s pulls											

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 this document are given in the relevant PS.

4.1.5 Structural similarity

Where a range of optical amplifier modules is produced by an OFAM, there can be some significant structural similarity between different type codes. A combination of results from different test programmes, where appropriate, is therefore permitted. Although an understanding of similarity is necessary, it is also important to provide an assessment of differences. All assessments should be compared on a test-by-test basis.

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.

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

Annex A (normative)

Procedures for reliability testing of OFA components

A.1 General

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 customers.

NOTE IEC references included in Clause A.2 are subject to updating to include new documents as they are published.

A.2 Tests required for passive optical components

IEC 62005-9-1 describes the tests required for passive optical components used in the OFA device or sub-system in controlled environment and in outside plant environment.

Refer to IEC 62005-9-2 for definition of the tests required on optical connectors.

A.3 Tests required for the doped fibre

Table A.1 indicates the tests required for the doped fibre.

Table A.1 – Tests required for the doped fibre

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

Hydrogen aging: Regardless of hydrogen protection, the OFA maker shall be able to demonstrate that the OFA will meet this requirement in the presence of as much as 10-2 atmosphere of hydrogen over the life of the device. This should be done by exposing the fibre to accelerating temperatures and pressures. The proper choice of accelerating temperature and pressure varies by fibre design and method of manufacture. The applied test method shall be agreed upon between the OFAM and user.

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 for further study (FFS).

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

Here, the doped fibre is intended to be a silica-based fibre such as that used in erbium doped silica fibre amplifier (EDSFAs). On the other hand, non-silica-based fibres comprising, for example, erbium doped fluoride fibre (EDFFs), erbium doped tellurite fibre (EDTFs), praseodymium doped fluoride fibre (PDFFs), and thulium doped fluoride fibre (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.

Annex B (informative)

Reliability calculations

B.1 Reliability calculation

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.

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 B.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61291-5-2:2017

Table B.1 – Failure rate of components

Element	Number of elements	Measured value (UCL 60 %)
Doped fibre	n_1	A_1 FIT (random failure)
Splice	n_2	A_2 FIT (random failure)
Optical 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)
.....		
Variable optical attenuator type 1	$n_{(4+m+h+k+1)}$	$A_{(4+m+h+k+1)}$ FIT (random failure)
Variable optical attenuator type 2	$n_{(4+m+h+k+2)}$	$A_{(4+m+h+k+2)}$ FIT (random failure)
.....		
Variable optical attenuator type l	$n_{(4+m+h+k+l)}$	$A_{(4+m+h+k+l)}$ FIT (random failure)
.....		
Total optical amplifier		$\sum_i A_i * n_i$

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).

NOTE 3 60 % UCL is common; however, 90 % can be used if deemed necessary.

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, optical connectors).

B.2 Guidance on failure rate calculations

Refer to IEC 62005-2.

Bibliography

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

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

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

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 strain relief*

IEC 61300-2-44, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-44: Tests – Flexing of the strain relief of fibre optic devices*

IEC 62005-2, *Reliability of fibre optic interconnecting devices and passive components – Part 2: Quantitative assessment of reliability based on accelerated ageing test – Temperature and humidity; steady state*

IEC 62343-2, *Dynamic modules – Part 2: Reliability qualification*

IEC TR 62572-2:2008, *Fibre optic active components and devices – Reliability standards – Part 2: Laser module degradation*

IEC 62572-3, *Fibre optic active components and devices – Reliability standards – Part 3: Laser modules used for telecommunication*

IEC TR 62721, *Reliability of devices used in fibre optic systems – General and guidance*

ITU-T G.661, *Definition and test methods for the relevant generic parameters of optical amplifier devices and subsystems*

ITU-T G.662, *Generic characteristics of optical fibre amplifier devices and subsystems*

CECC 00 804 ISSUE 2, *Guidance Document: Interpretation of "EN ISO 9000:1994" Reliability Aspects for Electronic Components*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61291-5-2:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	17
1 Domaine d'application	19
2 Références normatives	19
3 Termes, définitions et termes abrégés	20
3.1 Termes et définitions	20
3.2 Termes abrégés	20
4 Exigences de fiabilité	21
4.1 Essais	21
4.1.1 Généralités	21
4.1.2 Qualification de fiabilité des composants	21
4.1.3 Qualification de fiabilité du procédé d'assemblage de l'AFO	22
4.1.4 Qualification de fiabilité du module ou sous-système AFO	23
4.1.5 Similarité structurelle	25
Annexe A (normative) Procédures pour les essais de fiabilité des composants AFO	26
A.1 Généralités	26
A.2 Essais exigés pour des composants optiques passifs	26
A.3 Essais exigés pour la fibre dopée	26
Annexe B (informative) Calculs de fiabilité	27
B.1 Calculs de fiabilité	27
B.2 Recommandations concernant les calculs du taux de défaillance	28
Bibliographie	29
Tableau 1 – Liste d'essais minimaux pour composants optiques passifs, modules de laser à pompe, modules à diode de contrôle et connecteurs optiques	22
Tableau 2 – Liste d'essais minimaux pour fibre dopée	22
Tableau 3 – Essais exigés pour les épissures	23
Tableau 4 – Liste minimale pour essais exigés sur modules et sous-systèmes AFO	24
Tableau A.1 – Essais exigés pour la fibre dopée	26
Tableau B.1 – Taux de défaillance des composants	28

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

AMPLIFICATEURS OPTIQUES –

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

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés « Publication(s) de l'IEC »). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61291-5-2 a été établie par le sous-comité 86C: Systèmes et dispositifs actifs à fibres optiques, du Comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2002. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) le contenu sur le système de management de la qualité a été retiré du domaine d'application, des termes et définitions et des exigences de fiabilité;
- b) le calcul du taux de défaillance dans le temps (FIT) a été déplacé à l'Annexe B (informative);
- c) les exigences relatives aux essais de chocs ont été modifiées;

d) les abréviations ont été modifiées en fonction des modifications a) et b).

La présente version bilingue (2021-02) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2017-01.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61291, publiées sous le titre général *Amplificateurs optiques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous « <http://webstore.iec.ch> » dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61291-5-2:2017

AMPLIFICATEURS OPTIQUES –

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

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61291 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 le présent document. 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 nécessaires; ces parties internes sont elles-mêmes traitées en tant que boîtes noires. Le présent document fournit des exigences relatives à l'évaluation de la fiabilité des AO en combinant la fiabilité de telles boîtes noires internes.

Le présent document a pour objet de fournir la liste minimale des essais de qualification de fiabilité, des exigences en matière de critères de défaillance pendant les essais et de prévisions de fiabilité, et de donner des références normatives pertinentes afin d'établir une méthode normalisée pour l'évaluation de la fiabilité des modules et des sous-systèmes AFO afin de réduire le plus possible les risques et d'avancer le développement du produit et la qualification de la fiabilité.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC 60050-731, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 731: Télécommunications par fibres optiques*

IEC 60068-2-2:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

IEC 60068-2-14, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

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

IEC 60068-2-27, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

IEC 60068-2-31, *Essais – essai Ec: Choc lié à des manutentions brutales, essai destiné en premier lieu aux matériels*

IEC 60068-2-78, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

IEC 61291-1, *Amplificateurs optiques – Partie 1: Spécification générique*

IEC 61300-2-4, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs fibroniques – Procédures fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2-4: Essais – Rétention de la fibre ou du câble*

IEC 62005-9-1, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques - Fiabilité - Partie 9-1: Qualification des composants optiques passifs*

IEC 62005-9-2, *Fiabilité des dispositifs d'interconnexion et des composants optiques passifs à fibres optiques - Partie 9-2: Qualification relative à la fiabilité pour les ensembles de connecteurs à une seule fibre optique - Unimodal*

TIA 455-11, *FOTP-11 Vibration Test Procedure for Fiber Optic Components and Cables* (disponible en anglais seulement)

3 Termes, définitions et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 61291-1 et l'IEC 60050-731, ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

défaillance

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

3.1.2

fabricant d'AFO

FAFO

fabricant qui fournit des sous-systèmes ou modules d'amplificateur à fibres optiques (AFO) satisfaisant aux exigences de la spécification de produits (PS) applicable

Note 1 à l'article La spécification de produits inclut les exigences de fiabilité.

3.2 Termes abrégés

EDFF	Fibre fluorurée dopée à l'erbium (Erbium Doped Fluoride Fibre)
EDSFA	Amplificateur de fibre à silice dopée à l'erbium (Erbium Doped Silica Fibre Amplifier)
EDTF	Fibre de tellurite dopée à l'erbium (Erbium Doped Tellurite Fibre)
FIT	Défaillance dans le temps (Failure In Time)
FFS	Pour étude approfondie (For Further Study)
AO	Amplificateur optique
AFO	Amplificateur à fibres optiques
FAFO	Fabricant d'amplificateurs optiques
FAFO	Fabricant d'amplificateurs à fibres optiques
PDFF	Fibre fluorurée dopée au praséodyme (Praseodymium Doped Fluoride Fibre)
PS	Spécification de produit (Product Specification)

HR	Humidité relative
DFF	Fibre fluorurée dopée au thulium (thulium Doped Fluoride Fibre)
UCL	Niveau de confiance supérieur (Upper Confidence Level)

4 Exigences de fiabilité

4.1 Essais

4.1.1 Généralités

Un module ou sous-système d'amplificateur à fibres optiques (AFO) est un ensemble de diverses parties et de composants de nature différente. Un point principal dans les essais de fiabilité du module ou sous-système AFO est d'assurer la fiabilité de chaque partie et du processus de fabrication de base utilisé, et de proposer des moyens qui peuvent permettre de mieux comprendre les marges de conception. Pour les besoins du présent document, chaque partie interne doit être considérée comme une boîte noire.

Le présent document repose sur l'hypothèse selon laquelle la fiabilité d'un amplificateur optique (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 4.1.3.

L'assurance de fiabilité est confirmée par la procédure d'essai décrite en 4.1.4 effectuée sur le module ou sous-système d'AFO pris dans sa totalité.

Les parties fondamentales constituant habituellement un AFO sont énumérées ci-dessous:

- composants optiques passifs;
- composants optoélectroniques;
- fibres dopées ou modules de fibres dopées;
- connecteurs optiques;
- composants électroniques;
- autres (à spécifier);
- emballage mécanique.

Il convient que le fabricant d'AFO (FAFO) déclare le nombre et le type de boîtes noires internes constituant l'AFO et donne les taux de défaillance (en FIT) pour chacune.

Il convient de calculer le taux de défaillance de l'AFO en combinant de façon adaptée les taux de FIT de ses parties internes, selon la description de l'Annexe B.

4.1.2 Qualification de fiabilité des composants

Le Tableau 1 et le Tableau 2 donnent la liste minimale des essais à réaliser sur les différentes parties, le cas échéant, 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

Composant	Référence
Diode laser à pompe	IEC 62572-3 (informative)
Photodiode	A définir
Composants optiques passifs	IEC 62005-9-1
Connecteurs optiques	IEC 62005-9-2
Affaiblisseurs optiques variables	A définir

Tableau 2 – Liste d'essais minimaux pour fibre dopée

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

Un ensemble de conditions d'essai adapté aux listes d'essais dans le Tableau 1 et le Tableau 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.

4.1.3 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'enroulement et d'épissure de fibre est l'une des étapes les plus critiques du procédé d'assemblage de l'AFO.

Le procédé d'épissure doit être qualifié conformément à la fibre et au matériau de revêtement concernés.

Le Tableau 3 indique les essais exigés sur les épissures.

Tableau 3 – Essais exigés pour les épissures

Essais	Conditions	Référence
Stockage à haute température	+85 °C 2 000 h	IEC 60068-2-2, Essais B
Variations de température ^{SEP} (Cycles thermiques) ^a	-40 °C / +85 °C 2 °C/min $Q = 100$ cycles $I = 500$ cycles	IEC 60068-2-14
Chaleur humide	40 °C 93 % HR 500 h	IEC 60068-2-78
Chocs	1 000 m/s ² 6 ms 6 fois/axe	IEC 60068-2-27
Vibrations	5 Hz à 50 Hz, 15 m/s ² 50 Hz à 500 Hz, 30 m/s ² 3 axes Durée 15 balayages	TIA 455-11
Essai de robustesse ^{SEP} (Essai de traction)	5 N 10 s	IEC 60068-2-21
^a Q : données pour la qualification, I : données pour les informations.		

Le nombre d'échantillons est à définir via un accord entre le client et le fournisseur selon le niveau de confiance et le niveau de fiabilité exigés.

4.1.4 Qualification de fiabilité du module ou sous-système AFO

Une procédure de qualification de fiabilité liée au module ou sous-système d'AFO complet est décrite dans le 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 à 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 défaillance de l'AFO complet réalisée conformément à la procédure de 4.1.2.

En se fondant sur l'assurance de fiabilité exigée 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.

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

Essai		Condition	Durée	Fonctionnement	Echantillons
Température de stockage		$T_{\text{stg,min}}/T_{\text{stg,max}}$	72 h	–	3
Cycles de température ^a		$T_{\text{stg,min}}/T_{\text{stg,max}}$ Rampe > 1 °C/min	$Q = 100$ cycles $I = 500$ cycles	Y	3
Chaleur humide		85 °C à 85 % HR ^b	$Q = 500$ h $I = 1\,000$ h	–	3
Essai mécanique	Chocs ($\leq 0,225$ kg) ^c	3 000 m/s ² , impulsion de 3 ms	5 chocs par direction, 6 directions	–	3
		Voir le tableau ci-après ^d	Voir le tableau ci-après ^c	–	
	Chocs (> 0,225 kg) ^c	500 m/s ² , impulsion de 11 ms	5 chocs par direction, 6 directions	–	3
		Voir le tableau ci-après ^d	Voir le tableau ci-après ^c	–	
	Chocs: bloc de circuits, lames et racks ^c	Voir le tableau ci-après ^d	Voir le tableau ci-après ^c	–	3
	Vibrations (≤ 1 kg)	200 m/s ² , 20 Hz à 2 000 Hz à 20 Hz 3 axes, 4 cycles par axe, 2 h/axe	4 min/cycle	–	3
	Vibrations (> 1 kg)	5 Hz à 50 Hz, 15 m/s ² 50 Hz à 500 Hz, 30 m/s ² 3 axes	0,1 oct/min 0,25 oct/min	–	3
	Vibrations: bloc de circuits, lames et racks	5 Hz à 100 Hz à 5 Hz, 10 m/s ² 3 axes	0,25 oct/min	–	3
Endurance ^a		$T_{\text{op,max}}/P_{\text{nom}}$	$Q = 1\,000$ h $I = 2\,000$ h	Y	3
Aucune défaillance n'est admise Les essais peuvent être réalisés séquentiellement ou en parallèle. 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. 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 exigé et est remplacé par l'essai d'endurance. L'essai d'endurance est réalisé à courant pour pompe, puissance de sortie ou courant de contrôle pour pompe fixe (valeurs nominales données dans la spécification de produits). Pour vérifier toute dérive 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. Une référence à la méthode d'essai du cycle de température est fournie à l'Annexe B. $T_{\text{stg,min}}$ est la température de stockage minimale d'AFO; $T_{\text{stg,max}}$ est la température de stockage maximale d'AFO; $T_{\text{op,max}}$ est la température de fonctionnement maximale d'AFO; P_{nom} est la puissance de sortie nominale d'AFO.					

^a *Q*: qualification, *I*: informations.

^b 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 AFO soient déployés dans des environnements très rigoureux. Autrement, l'essai à la chaleur humide à 40 °C/93 % d'HR peut être utilisé.

^c Un essai de chocs contrôlé ou un essai de chute peut être réalisé.

^d Essai mécanique: chocs (chute libre, IEC 60068-2-27 et IEC 60068-2-31)

Masse kg	Hauteur de chute mm
$0 \leq \text{masse} < 10$	100
$10 \leq \text{masse} < 25$	75

^e Essais de fibres amorfes - essai de traction (le premier chiffre de chaque ligne est le diamètre externe de la fibre sous revêtement protecteur ou câblée auquel s'appliquent les conditions d'essai spécifiées)

Rétentions de câble (traction)	fibre renforcée: 20 N à 100 N, 3 fois, tractions de 5 s	IEC 61300-2-4
	fibre sous revêtement secondaire: 10 N, 3 fois, tractions de 5 s	
	fibre sous revêtement primaire: 5 N, 3 fois, tractions de 5 s	

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 le présent document sont donnés dans les PS concernées.

4.1.5 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. Même si la compréhension de la similarité est nécessaire, il est également important de fournir une évaluation des différences. Il convient de comparer toutes les évaluations essai par essai.

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.

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