

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Dynamic modules –
Part 2: Reliability qualification**

**Modules dynamiques –
Partie 2: Qualification de fiabilité**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 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
Fax: +41 22 919 03 00
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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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: csc@iec.ch.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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



IEC 62343-2

Edition 2.0 2014-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Dynamic modules –
Part 2: Reliability qualification**

**Modules dynamiques –
Partie 2: Qualification de fiabilité**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

S

ICS 33.180

ISBN 978-2-8322-1799-3

**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

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Terms, definitions and abbreviations	6
3.1 Terms and definitions.....	6
3.2 Abbreviated terms.....	6
4 Reliability qualification considerations	7
4.1 General.....	7
4.2 General consideration approach	7
4.3 DM product design.....	7
5 Reliability qualification requirements.....	7
5.1 General.....	7
5.2 Demonstration of product quality.....	8
5.3 Testing responsibilities	8
5.4 Tests	9
5.4.1 Thorough characterization	9
5.4.2 Reliability qualification of components, parts and interconnections	9
5.4.3 Reliability qualification of DM assembly process	9
5.4.4 Reliability qualification of the Design 1 DM	9
5.4.5 Reliability qualification of the Design 2 DM	11
5.4.6 Pass/fail criteria.....	13
5.5 Reliability assessment procedure.....	13
5.5.1 Analysis of reliability results	13
5.5.2 Reliability calculations	13
5.5.3 Reliability qualification test methods	14
6 Guidance – FMEA and qualification-by-similarity	14
Annex A (informative) Reliability test items and their conditions	16
A.1 General.....	16
A.2 Mechanical environment tests	16
A.3 Temperature and humidity environmental tests	17
A.4 Electromagnetic compatibility tests	17
A.5 Fibre integrity tests	18
Bibliography.....	20
Table 1 – Minimum list for tests required on Design 1 DMs	10
Table 2 – Minimum list for tests required on Design 2 DMs	12
Table 3 – Failure rate of parts.....	14
Table 4 – Relevant list of IEC reliability test methods for optical components.....	14
Table A.1 – Mechanical environmental tests and severity	16
Table A.2 – Temperature and humidity tests and severity	17
Table A.3 – Electromagnetic compatibility test items and their severities	18
Table A.4 – Fibre integrity test items and their severities	19

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

DYNAMIC MODULES –

Part 2: Reliability qualification

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 62343-2 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 2011 and constitutes a technical revision. The main change with respect to the previous edition is the addition of Annex A (informative), Reliability test items and their conditions.

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

CDV	Report on voting
86C/1185/CDV	86C/1248/RVC

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

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

A list of all parts in the IEC 62343 series, published under the general title *Dynamic modules*, can be found on the IEC website.

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

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

DYNAMIC MODULES –

Part 2: Reliability qualification

1 Scope

This part of IEC 62343 applies to dynamic modules and devices (DMs) which are commercially available. Examples are tuneable chromatic dispersion compensators, wavelength selective switches and optical channel monitors.

Optical amplifiers are not included in this list, but are treated in IEC 61291-5-2.

For reliability qualification purposes, some information about the internal components, parts and interconnections is needed; these internal parts are treated as black boxes. This standard gives requirements for the evaluation of DM reliability by combining the reliability of such internal black boxes.

The objectives of this standard are the following:

- to specify the requirements for the reliability qualification of DMs;
- 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.

2 Normative references

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

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

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

IEC 61300-2-12, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-12: Tests – Impact*

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

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*

IEC 62572 (all parts), *Fibre optic active components and devices – Reliability standards*

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

¹ To be published.

3 Terms, definitions and abbreviations

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1.1 failure

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

3.1.2 qualification

commonly used as the abbreviation for reliability qualification

Note 1 to entry: It is used as a formal testing to determine whether or not the product is suitable for telecom applications and, therefore, "pass or fail" is the expected outcome

Note 2 to entry: This is different from a reliability test, which is in nature a reliability "engineering test". Reliability tests are designed to understand the reliability consideration or estimate the reliability of the product. Pass or fail is not the main output.

3.1.3 reliability

< time period > minimum period of DM continuous operation without failure at specified operating and environmental conditions

3.1.4 <reliability>

<probability> probability to perform required functions at specified operating and environmental conditions

Note 1 to entry: The reliability of a DM is expressed by either of the following two parameters: mean time between failure (MTBF) and failures in time (FIT):

- the MTBF is the mean period of DM continuous operation without any failure at specified operating and environmental conditions;
- the FIT is the number of failures expected in 10⁹ device-hours at specified operating and environmental conditions.

3.2 Abbreviated terms

DM	dynamic module
DS	detail specification
ESD	electrostatic discharge
FIT	failure in time
FMEA	failure mode and effects analysis
LCD	liquid crystal device
MTBF	mean time between failure
RH	relative humidity
UCL	upper confidence level
VOA	variable optical attenuators

4 Reliability qualification considerations

4.1 General

Since DMs are relatively new products in the commercial market and involve different technologies, the requirements included in this standard will need to be reviewed as technology progresses.

4.2 General consideration approach

It is worth emphasizing the fundamental approach of reliability qualification adopted in this standard:

- a) Any parts that can be effectively qualified on their individual levels shall be qualified at that level. Their qualification shall be based on IEC standards or other industrial standards in the absence of such IEC standards.
- b) The qualification tests required at DM level shall be based on the degradation mechanisms and failure modes that cannot be effectively detected in the lower part levels. At the DM level, the qualification tests shall not attempt to discover or identify those degradation mechanisms and failure modes that can be discovered in the lower assembly levels than the final product level. For example, if all parts in the DM can be effectively tested for damp heat-accelerated degradations, there is no need to repeat the damp heat test at the DM level.

4.3 DM product design

A DM is an assembly of various components, parts and interconnections. There are two basic designs in the current commercial DM market:

- a) Design 1: parts (as a general term that includes components, parts and interconnections used to build a DM from the point of view of this standard) are packaged separately. Their packages are usually either hermetic or moisture-resistant. They are integrated into a housing (usually non-hermetic or not moisture-resistant).
- b) Design 2: some parts used in DMs are unpackaged basic optical elements (e.g. crystals, lenses, mirrors, etc.). These parts cannot be effectively qualified by themselves. These parts/elements are integrated and packaged inside a hermetic box or moisture-resistant box.

In Design 1, the individual parts can be tested and qualified individually and therefore, the DM qualification does not have to repeat the tests that are performed in the part levels for the same degradation mechanisms and failure modes.

In Design 2, the DM qualification is again focused on the tests that cannot be effectively performed in the lower assembly levels (i.e., the basic part level). However, in this case there are usually more tests required since the parts cannot be effectively tested at the part level individually.

Due to the differences in the designs, and therefore different mechanisms and failure modes, different qualification test approaches have to be developed separately. They are described in 5.4.4 for Design 1 and 5.4.5 for Design 2, respectively.

5 Reliability qualification requirements

5.1 General

For the purpose of this standard, each internal component, part and interconnection shall be treated as a black box. It is also important to point out that the parts in the DM of this design include the fibre splicing, fibre routing and fibre anchoring, as well as how the fibre exits from the housing and how parts are mounted.

This standard is based on the assumption that the reliability of a DM 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.

There are degradation and failures not due to part failures. An example is the fibre routing and fibre holders. The quality and reliability of the assembling, for example fibre routing, shall be assessed and qualified through the process evaluation and qualification. The procedures to qualify the assembly process are described in 5.4.3.

The internal black boxes often constituting a DM are listed below:

- passive optical components, including patch cords, pigtails, connectors and splices;
- active optical components;
- electronics, including PCBs, electrical connectors, etc.
- others (e.g. fibre splicing, fibre routing and fibre anchoring, as well as how the fibre exits from the housing and how components are mounted).

The DM manufacturers shall declare the number and type of the internal black boxes constituting the DM and give the failure rates (in FITs) for each black box.

The DM failure rate shall be calculated by suitably combining the failure rates in FITs of its black boxes, as described in the 5.5.2. The model and assumptions used in DM failure rate calculation shall be provided and justified for review, if the DM manufacturer has so requested.

5.2 Demonstration of product quality

Since the reliability qualification tests are performed on a limited number of units, it is essential to have a quality management system in place to assure that the quality of all units is consistent. Testing on a limited number of samples will be representative of the production units to be delivered after the qualification is completed.

This standard (where required by the detailed specification) specifies the minimum mandatory requirements to assess reliability qualification of a DM and is intended to be part of a total DM reliability program and quality management system developed and implemented by the DM manufacturer.

The DM manufacturer shall demonstrate:

- a documented and audited manufacturing process, including the reliability qualification of purchased parts, in accordance with ISO 9000;
- performance data of production units shall be available for review, and its distribution shall show processes are under adequate controls;
- a reliability qualification programme, including, for example, accelerated life testing, burn-in and screening of parts and DMs;
- a reliability qualification maintenance programme to ensure continuity of qualification status (this can be achieved by means of periodic reliability qualification tests of the product or similar products);
- a procedure to ensure an appropriate feedback to development and production on reliability issues.

5.3 Testing responsibilities

The DM manufacturer is responsible for performing reliability qualification testing.

The testing detailed in this standard shall be performed by the DM manufacturer. Additional testing may be specified in the detailed specification.

5.4 Tests

5.4.1 Thorough characterization

A thorough characterization of the product for its performance (may be beyond those in the performance specifications) and overall operating conditions (may be beyond those in the operating condition specifications) shall be performed. The data shall be collected and analysed (minimal for the mean and standard deviation), and be available for review.

5.4.2 Reliability qualification of components, parts and interconnections

All components, parts, and interconnections used to build DMs shall be qualified according to the appropriate IEC standards for each of them. The components may include, but are not limited to, variable optical attenuators (VOAs), taps/splitters, detectors, isolators, circulators, electronic components, splicing connections (including the packaging or re-coating), crystals, mirrors, prisms, etc.

If the IEC standards for the parts are under development or not yet available, the IEC standards for parts of similar failure modes and degradation mechanisms should be adopted. An analysis of similarity of failure modes and degradation mechanisms shall be provided to support the approach.

Considerations shall be given to designs that use many pieces of same parts. The failure rates of such parts may significantly contribute to the overall system failure rate or downtime. The cumulative degradation from individual parts should also be investigated. The results may require tests on additional samples or more stringent failure definitions.

Additionally, the pass/fail criteria of the part qualification shall be thoroughly examined to determine whether or not the part qualification is adequate. For an example, if several 1x2 taps are used in a series design, not only the failure rate but also the degradation is multiplied (i.e. 0,5 dB pass/fail criterion is multiplied), which may not be acceptable. The pass/fail criterion of the parts commonly defined as 0,5 dB changes in insertion loss is much too loose for the needs of a product such as a DM. The assessment of tighter criteria shall be carried out and the qualification status justified.

5.4.3 Reliability qualification of DM assembly process

Fibre routing and component mounting are both important module assembling processes, and they can be significant failure rate contributors if they are not done properly. Their designs and processes shall be thoroughly documented and tested. Any changes shall be supported by adequate experiment data.

If the fibre routing is thoroughly documented and controlled (e.g. through performance measurements before and after routing) and the final DM is qualified, the fibre routing process can be considered as a qualified process and can be used in other similar products to produce a product that is claimed to be qualified by similarity.

5.4.4 Reliability qualification of the Design 1 DM

As described in 5.1 for Design 1, parts (components used to build a DM) are packaged separately. Their packages are usually either hermetic or moisture-resistant. They are integrated into a housing (usually non-hermetic or not moisture-resistant).

A reliability qualification procedure related to the complete DMs is described in Table 1. It gives the minimum list of tests to be performed on DMs in order to assure reliability.

For the tests, no failures are allowed. The tests can be performed sequentially or in parallel. For “operational” tests, relevant parameters should be monitored during the test.

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

In some specific cases the use of adhesives in the DM can be considered as a critical process and shall require separate qualification. 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/qualification data.

The main point in the reliability qualification of the Design 1 DMs is to ensure that the reliability of each part is not degraded in the manufacturing process used.

Table 1 – Minimum list for tests required on Design 1 DMs

Test		Condition	Duration	Samples
Active high temperature aging		85 °C	2 000 h	3
Operational temperature cycling		$T_{op, min}/T_{op, max}$ >1 °C/min	100 cycles	3
Non-operational mechanical test	Drop (impact) ^a	100 mm height drop for <10 kg, 75 mm drop for 10 kg – 25 kg	See table below	3
	Vibration ^b	10 Hz to 55Hz, 1,52 mm, 1 octave/min	2 h per direction	3
	Pull	5/10/100 N ^c	See table below	3
Operational shock ^d		400 m/s ² , 5ms for +/- z-axis, 200 m/s ² , 5ms for +/- x-axis, 100 m/s ² , 5 ms for +/- y-axis	3 times/direction	3
Operational vibration ^d		50 Hz to 500 Hz, 20 m/s ² for z-axis, 10 m/s ² for x-axis, 5 m/s ² for y-axis	2 sweeps/direction	3

NOTE A reference to the temperature cycle test method is provided in Clause A.3.

^a Mechanical test: Impact (drop) (IEC 61300-2-12 for drop)

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

^b Mechanical test: vibration(sinusoidal, IEC 61300-2-1).

^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.

Cable retention (pull)	2 mm: 20 N to 100 N, 3 times, 5 s pulls	IEC 61300-2-4
	900 µm 10 N, 3 times, 5 s pulls	
	250 µm: 5 N, 3 times, 5 s pulls	

^d The directions of the x, y and z axes are defined by mounting direction to a board in a equipment (x-axis: the direction which is according to the front and back of the board to be mounted when the board is installed in a piece of equipment; y-axis: the direction which is according to the gravity (up and down) of the board to be mounted when the board is installed in a piece of equipment; z-axis: the direction which is perpendicular to the board to be mounted.) If a tester cannot define the mounting direction, the test shall be carried out in the most severe conditions for all directions.

It is essential that the evaluated DMs 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.

5.4.5 Reliability qualification of the Design 2 DM

A reliability qualification procedure related to design 2 DMs is described in Table 2. In this DM design, Design 2, not all parts can be effectively tested by themselves (see 4.3). Therefore, many of the long-term environmental tests can only be effectively tested and qualified in the DM final product assembly level.

For the test, no failures are allowed. The tests can be performed sequentially or in parallel. For “operational” tests, relevant parameters should be monitored during the test.

For example, some of the parts may have been qualified by the damp heat test but others may not pass the damp heat test as required for telecommunications applications. Therefore, the DM units with all the parts assembled shall be tested in damp heat conditions. This may seem redundant, but it is necessary.

Table 2 – Minimum list for tests required on Design 2 DMs

Test		Condition	Duration	Samples						
Active high temperature aging		85 °C	2 000 h	3						
Operational temperature cycling		$T_{op, min}/T_{op, max}$ >1 °C/min	100 cycles	3						
Damp heat		85 °C/85 % RH ^a	500 h	3						
Non-operational mechanical test	Drop (impact) ^b	100 mm height drop for <10 kg, and 75 mm drop for 10 kg – 25 kg	See table below	3						
	Vibration ^c	10 Hz to 55 Hz, 1,52mm,1 octave/min	2 h per direction	3						
	Pull ^d	5/10/100 N	See table below	3						
Operational shock ^e		400 m/s ² , 5ms for ± z-axis, 200 m/s ² , 5ms for ± x-axis, 100 m/s ² , 5ms for ± y-axis	3 times/direction	3						
Operational vibration ^e		50 Hz to 500 Hz, 20 m/s ² for z-axis 10 m/s ² for x-axis 5 m/s ² for y-axis	2 sweeps/direction	3						
Hermeticity (checked before and after liquid-to-liquid thermal shock)		$\Delta T = 100\text{ °C}$	15 cycles	3 dummy box						
NOTE A reference to the temperature cycle test method is provided in Clause A.3.										
^a Damp heat: the damp heat test at 85 °C/85 % RH for 100 h has been advocated by some manufacturers. These test conditions may be used. Otherwise, the damp heat test at 40 °C/93 % RH for a much longer duration may be used with the actual duration to be determined by the acceleration factor.										
^b Mechanical test: impact (IEC 61300-2-12).										
		<table><tr><th>Mass kg</th><th>Drop height mm</th></tr><tr><td>0 to <10</td><td>100</td></tr><tr><td>10 to <25</td><td>75</td></tr></table>	Mass kg	Drop height mm	0 to <10	100	10 to <25	75		
Mass kg	Drop height mm									
0 to <10	100									
10 to <25	75									
^c Mechanical test: vibration (sinusoidal, IEC 61300-2-1).										
^d 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 do apply.										
	<table><tr><td>Cable retention (pull)</td><td>2 mm: 20 N to100 N, 3 times, 5 s pulls 900 µm: 10 N, 3 times, 5 s pulls 250 µm: 5 N, 3 times, 5 s pulls</td><td>IEC 61300-2-4</td></tr></table>	Cable retention (pull)	2 mm: 20 N to100 N, 3 times, 5 s pulls 900 µm: 10 N, 3 times, 5 s pulls 250 µm: 5 N, 3 times, 5 s pulls	IEC 61300-2-4						
Cable retention (pull)	2 mm: 20 N to100 N, 3 times, 5 s pulls 900 µm: 10 N, 3 times, 5 s pulls 250 µm: 5 N, 3 times, 5 s pulls	IEC 61300-2-4								
^e The direction of the x, y and z axes are defined by mounting direction to a board in a piece of equipment (x-axis: the direction which is according to the front and back of the board to be mounted when the board is installed in a piece of equipment; y-axis: the direction which is according to the gravity (up and down) of the board to be mounted when the board is installed in a piece of equipment; z-axis: the direction which is perpendicular to the board to be mounted.) If a tester cannot define the mounting direction, the test shall be done in the most severe conditions for all directions.										

It is essential that the evaluated DMs 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 standards.

5.4.6 Pass/fail criteria

It should be noted that the commonly used failure criterion of a drift of higher than 0,5 dB in insertion loss (IL) is a guideline. For DWDM DMs, such as wavelength blockers, centre wavelength drift shall be defined as a failure criterion. The actual and practical criteria should be developed based on the degradation allowed for the expected life of the product. An example is provided below to illustrate the determination.

EXAMPLE:

- The acceleration factor of the testing condition to the operating condition is 50.
- The beginning-of-life parametric measurement is 1,0 dB below the end-of-life specification.
- Assume the expected life is 20 years.
- Allowed degradation for a 2 000 h testing is: $(1,0 \times 50 \times 2\,000) / (20 \times 365,25 \times 24) = 0,57$ dB.
- Note that IL is not the only parameter considered for pass/fail; other parameters are included.

5.5 Reliability assessment procedure

5.5.1 Analysis of reliability results

The DM customer/SS shall have a procedure to analyse and verify reliability claims of a DM manufacturer. In particular, the procedure should include the analysis of

- life test data for the complete dynamic module,
- life test data for internal parts,
- environmental test results.

The analysis of results leads to reporting the reliability parameters of the DM for each type of device or sub-system. Minimum reliability parameters shall be presented as in Table 4 (see below).

5.5.2 Reliability calculations

A reliability prediction regarding the complete DM is provided by the DM manufacturer, based on the failure rates (in FIT “failure in time”) of the internal black boxes composed of the DM (Design 1) or based on the data for the complete DM (Design 2).

The failure rates of the internal black boxes shall be given by the DM manufacturer taking into account the basic values issued from the cumulated component-hours issued from the different parts included in DM. 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. 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 Design 1 DM as explained in Table 3.

Table 3 – Failure rate of parts

Element	Number of elements	Measured value (UCL 95 %)
Splice	n_2	A_2 FIT (random failure)
Connector	n_3	A_3 FIT (random failure)
Electronics	n_4	A_4 FIT (random failure)
Active component type 1	$n_{(4+1)}$	$A_{(4+1)}$ FIT (random and wear-out failure)
Active component type 2	$n_{(4+2)}$	$A_{(4+2)}$ FIT (random and wear-out failure)
.....		
Active component type m	$n_{(4+m)}$	$A_{(4+m)}$ FIT (random and wear-out failure)
Other internal component type 1	$n_{(4+m+1)}$	$A_{(4+m+1)}$ FIT (random failure)
Other internal component type 2	$n_{(4+m+2)}$	$A_{(4+m+2)}$ FIT (random failure)
.....		
Other internal component 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)
Fibre routing		
Optical component attachment	$n_{(4+m+h+k)}$	$A_{(4+m+h+k)}$ FIT
Any other failure modes identified in FMECA	$n_{(4+m+h+k)}$	$A_{(4+m+h+k)}$ FIT
Total failure rate		$\sum_i A_i * n_i$
NOTE n_i is the number of components of each type included in the DM.		

5.5.3 Reliability qualification test methods

Table 4 shows a list of normative references relevant reliability qualification tests and test conditions for constituting components used for DMs.

Table 4 – Relevant list of IEC reliability test methods for optical components

Constituting components	IEC reference (reliability qualification document number)
Passive optical components	IEC 62005-9-1
Optical connectors	IEC TR 62005-9-2
Active optical components	IEC series 62572

6 Guidance – FMEA and qualification-by-similarity

It is worth emphasizing that the reliability assessment or qualification tests shall be based on the degradation mechanisms and failure modes. The appropriate accelerated tests can be developed once the degradation mechanisms, failure modes, and their acceleration factors are understood. To begin with, the failure mode and effects analysis (FMEA) should be developed. A set of reliability tests should be planned and conducted as the result of FMEA. The testing results can be used to develop additional tests or refined tests to better understand the degradation mechanisms or develop the acceleration models.

Where a range of dynamic modules is produced by a DM manufacturer, there may be some significant 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 sometimes have a major impact on reliability, whilst not being apparent during quality assessment.

As a minimum, FMEA shall be carried out for all varieties of products that are considered "similar" and claimed to be "qualified" by "similarity". FMEA shall be carried out thoroughly in order to be an effective tool to consider "qualified-by-similarity". Its thoroughness can be checked against the failure mode analysis (FMA), based on manufacturing drop-out and customer returns.

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

Annex A (informative)

Reliability test items and their conditions

A.1 General

This annex provides information on reliability test items and conditions for DMs. The tester can select reliability test items and conditions by referring to the following.

A.2 Mechanical environment tests

Table A.1 shows the severity of test items for the mechanical environmental tests. For a dynamic module with moving parts, such as MEMS mirrors, it is strongly recommended to test operating mechanical shock and vibration. Operating mechanical shock and vibration tests are carried out by monitoring the performance of dynamic modules during the tests. The transportation vibration and handling drop test should be carried out as packed modules.

Table A.1 – Mechanical environmental tests and severity

Groups	Test items	Severity	References
Mechanical shock	Mechanical shock (operating)	400 m/s ² , 5 ms for ± z-axis 200 m/s ² , 5 ms for ± x-axis 100 m/s ² , 5 ms for ± y-axis 3 times per each direction	IEC 62343-6-5
Vibration	Mechanical vibration (operating)	50 Hz – 500 Hz 20 m/s ² for z-axis 10 m/s ² for x-axis 5 m/s ² for y-axis 1 octave/min 2 sweeps per each direction	IEC 62343-6-5
Mechanical shock/impact	Mechanical shock (components) (non-operating)	5 000 m/s ² , 3 axes, 2 impacts/direction (12 impacts total) Nominal 1 ms, half sine pulse (weight: ≤ 0,125 kg)	GR-1209, IEC 61753-1, IEC 61300-2-9
	Mechanical shock (module) (non-operating)	2 000 m/s ² , 3 axes, 2 impacts/direction (12 impacts total), Nominal 1,33 ms, half sine pulse (weight: > 0,125 and ≤ 0,225 kg)	GR-1209, IEC 61753-1, IEC 61300-2-9
		500 m/s ² , 3 axes, 2 impacts/direction (12 impacts total) Nominal 5 ms, half sine pulse (weight: >0,225 and ≤ 1 kg)	GR-1209, IEC 61753-1, IEC 61300-2-9
	Unpacked drop (non-operating)	100 mm height for ≤10 kg weight 75 mm height for >10 kg and ≤ 25 kg weight	GR-63
Mechanical vibration	Vibration (non-operating)	10 Hz – 55 Hz, 1,52 mm amplitude, 3 axes (20 min/axis) for 1 h	GR-1209
	Vibration (non-operating)	10 Hz – 5 Hz, 0,75 mm amplitude, 3 axes, 1 octave/min, 15 sweeps per direction	IEC 61753-1 IEC 61300-2-1
Transportation mechanical impact/vibration	Transportation vibration – packed (non-operating)	5 Hz – 20 Hz, 0,01 g ² /Hz, 20 – 200 Hz, –3 dB/octave	GR-63
	Handling drop (non-operating)	1 m height for ≤10 kg weight	GR-63

A.3 Temperature and humidity environmental tests

Table A.2 shows the severity of test items for temperature and humidity environmental tests. These kinds of tests are most common for design verification and reliability. For hermetically sealed packaged modules, it may be possible to omit damp heat and high humidity tests. For half-sealed (resin-sealed) modules, it should be noted that test modules may absorb moisture. For hermetically sealed packaged modules, it is recommended to carry out an RGA (residual gas analysis) test.

Table A.2 – Temperature and humidity tests and severity

Groups	Test items	Severity	References
High temperature	High temperature (non-operating)	60 °C $\pm$ 2 °C, 96 h	IEC 61753-1 cat C, IEC 61300-2-18
Low temperature	Low temperature (non-operating)	–10 °C $\pm$ 2 °C, 96 h	IEC 61753-1 cat C, IEC 61300-2-17
Temperature cycling	Temperature cycling (non-operating)	–40 °C to 70 °C, 10 cycles, dwell time: 12 min, ramp rate: 1 °K /min	GR-1209
Temperature cycling	Change of temperature (operating)	–10 °C $\pm$ 2 °C to 60 °C $\pm$ 2 °C, duration time: 60 min, 1 °K /min changing rate, 5 cycles	IEC 61753-1 cat C, IEC 61300-2-22
	DWDM temperature effect (operating)	–10 °C to 60 °C, dwell time: 30 min	GR-1209
Temperature shock	Low temperature thermal shock (non-operating)	30 °K/h to –40 °C, –40 °C for 72 h, 5 min to RT	GR-63
	High temperature thermal shock (non-operating)	30 °K/h to 70 °C, 70 °C for 72 h, 5 min to RT	GR-63
Damp heat	Temperature humidity aging (non-operating)	75 °C, 90 % RH, 168 h	GR-1209
	Damp heat steady state (non-operating)	40 °C $\pm$ 2 °C, 93 % $\begin{smallmatrix} +2 \\ -3 \end{smallmatrix}$ %, 96 h	IEC 61753-1 cat C, IEC 61300-2-19
	High relative humidity (non-operating)	40 °C, 93 %, 96 h	GR-63
	Damp heat steady state (non-operating)	30 °C, 80 %, 96 h	JIS C 5901
Temperature humidity cycling	Temperature humidity cycling (operating)	–10 °C to 60 °C, humidity from 20 % RH to 85 % RH	GR-1209

A.4 Electromagnetic compatibility tests

Table A.3 shows test items and severity of electromagnetic compatibility tests. For the dynamic modules which use an LCD (liquid crystal device) as driving engine, an alternative wave may be used by electrical driving voltage. A DC/AC convertor circuit may have an impact on ESD and so on. For the dynamic module using an electrostatic MEMS engine inside, a high voltage up-convertor circuit may be mounted. It is recommended to carry out ESD testing when the electrical power supplying circuit is inside.

Table A.3 – Electromagnetic compatibility test items and their severities

Groups	Tests	Severity	References
Electromagnetic interference	Electromagnetic interference (non-operating)	Class B	FCC Part 15
		Class B	CISPR 22
		Class B	EN 55022
		Class B + α (original requirement)	FCC Part 15
		Class B + α (original requirement)	CISPR 22
		Class B + α (original requirement)	EN 55022
	Electromagnetic interference (non-operating)	Class A (non-residential) electromagnetic emissions immunity criteria in Clause 3 of GR-1089:2011	GR-1312, GR-1089
Electrostatic discharge	Electrostatic discharge (non-operating)	Contact discharge: 8 kV Air discharge: 15 kV	IEC 61000-4-2, Level 4
		Contact discharge: 6 kV Air discharge: 8 kV	IEC 61000-4-2, Level 3
	Electrostatic discharge (non-operating)		TR-NWT-000870
Electromagnetic immunity	Electromagnetic immunity (non-operating)	80 MHz – 1 000 MHz, 10 V/m	IEC 61000-4-3, Level 3
		80 MHz -1 000 MHz, 3 V/m	IEC 61000-4-3, Level 2
Electromagnetic fast transient/burst immunity test	Electromagnetic fast transient/burst immunity test (non-operating)		IEC 61000-4-4, Level 4
			IEC 61000-4-4, Level 3
			IEC 61000-4-4, Level 2
			IEC 61000-4-4, Level 1
Surge	Surge (non-operating)		IEC 61000-4-5
Immunity to conducted disturbances	Immunity to conducted disturbances (non-operating)		IEC 61000-4-6
Grounding	Grounding (non-operating)		GR-1089, Chapter 9

A.5 Fibre integrity tests

Table A.4 shows test items and severity of fibre integrity tests. These kinds of tests are common for pigtailed modules. It should be noted that some tests require monitoring during the test. It is recommended to consider mounting methods and procedures when selecting test items.

Table A.4 – Fibre integrity test items and their severities

Groups	Tests	Severities	References
Cable retention	Cable retention (non-operating)	0,45 kgf for coated fibre, 5 s, 3 times 0,45 kgf for tight buffer, 5 s, 3 times 1 kgf for loose buffer, 5 s, 3 times 1 kgf for reinforced, 5 s, 3 times	GR-1209
	Fibre cable retention (operating)	2 N for primary coated 5 N for secondary coated 10 N for reinforced 120 s duration for 10 N, 60 s duration for 2 N and 5 N	IEC 61753-1, cat C, IEC 61300-2-4
Fibre flex	Fibre flex (non-operating)	0,45 kgf, 30 cycles for coated, tight buffer, loose buffer, 0,45 kgf, 300 cycles for reinforced	GR-1209
	Fibre flexing (operating)	2 N for reinforced, $\pm 90^\circ$, 30 cycles	IEC 61753-1, cat C, IEC 61300-2-44
Fibre twist	Fibre twist (non-operating)	0,45 kgf 10 cycles for coated, tight buffer, loose buffer, reinforced.	GR-1209
	Torsion/twist (non-operating)	5,0 N at 0,1 N/s for reinforced 2,0 N at 0,1 N/s for primary and secondary coated 10 cycles $\pm 180^\circ$	IEC 61753-1, cat O, IEC 61300-2-5
Fibre side pull	Fibre side pull (non-operating)	0,23 kgf 90° 5 s, 2 directions for coated, tight buffer, 0,45 kgf, 90° , 5 s for loose buffer, reinforced	GR-1209
	Static side load (operating)	1 N for 1 h for reinforced cables, 0,2 N for 5 min for secondary coated fibres, two mutually perpendicular directions	IEC 61753-1, cat C, IEC 61300-2-42

Bibliography

IEC 60050-731, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 731: Optical fibre communication*

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-4-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61291-5-2, *Optical amplifiers – Part 5-2: Qualification specifications – Reliability qualification for optical fibre amplifiers*

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

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 61753-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components performance standard – Part 1: General and guidance for performance standards*

IEC TR 61931, *Fibre optic – Terminology*

IEC 62343-6-5, *Dynamic modules – Part 6-5: Design guide – Investigation of operating mechanical shock and vibration tests for dynamic devices*

CISPR 22, *Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

EN 55022, *Information Technology Equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

FCC Radio 47, Part 15, *Communications equipment Computer technology*

Telcordia GR-63, *NEBS(TM) Requirements: Physical Protection*

Telcordia GR-1089:2011, *Electromagnetic Compatibility and Electrical Safety – Generic Criteria for Network Telecommunications Equipment*

Telcordia GR-1209, *Generic Requirements for Passive Optical Components*

Telcordia GR-1221, *Generic Reliability Assurance Requirements for Passive Optical Components*

Telcordia GR-1312, *Generic Requirements for Optical Fiber Amplifiers and Proprietary Dense Wavelength-Division Multiplexed Systems*

Telcordia TR-NWT-000870, *Electrostatic Discharge Control in the Manufacture of Telecommunications Equipment*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	24
1 Domaine d'application	26
2 Références normatives	26
3 Termes, définitions et abréviations	27
3.1 Termes et définitions	27
3.2 Termes abrégés	27
4 Considérations sur la qualification de fiabilité	28
4.1 Généralités	28
4.2 Approche générale	28
4.3 Conception du produit DM	28
5 Exigences de qualification de fiabilité	29
5.1 Généralités	29
5.2 Démonstration de la qualité du produit	29
5.3 Responsabilité des essais	30
5.4 Essais	30
5.4.1 Caractéristiques complètes	30
5.4.2 Qualification de fiabilité des composants, des constituants et des interconnexions	30
5.4.3 Qualification de fiabilité du processus d'assemblage des modules dynamiques	31
5.4.4 Qualification de fiabilité des modules dynamiques de Conception 1	31
5.4.5 Qualification de fiabilité des modules dynamiques de Conception 2	33
5.4.6 Critères d'acceptation/de rejet	35
5.5 Procédure d'évaluation de la fiabilité	35
5.5.1 Analyse des résultats de la fiabilité	35
5.5.2 Calculs de fiabilité	35
5.5.3 Méthodes d'essai de qualification de fiabilité	36
6 Lignes directrices – AMDE et qualification-par-similitude	36
Annexe A (informative) Eléments d'essai de fiabilité et leurs conditions	38
A.1 Généralités	38
A.2 Essais environnementaux mécaniques	38
A.3 Essais environnementaux de température et d'humidité	39
A.4 Essais de compatibilité électromagnétique	40
A.5 Essais d'intégrité des fibres	41
Bibliographie	42
Tableau 1 – Liste minimale des essais exigés sur les modules dynamiques de Conception 1	32
Tableau 2 – Liste minimale des essais exigés sur les modules dynamiques de Conception 2	34
Tableau 3 – Taux de défaillance des constituants	36
Tableau 4 – Liste applicable de méthodes d'essai de fiabilité de l'IEC pour les composants optiques	36
Tableau A.1 – Essais environnementaux mécaniques et sévérité	38
Tableau A.2 – Essais de température et d'humidité et sévérité	39

Tableau A.3 – Éléments d'essai de compatibilité électromagnétique et leurs sévérités.....	40
Tableau A.4 – Éléments d'essai de l'intégrité des fibres et leurs sévérités	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MODULES DYNAMIQUES –

Partie 2: Qualification de fiabilité

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 62343-2 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 2011 et constitue une révision technique. La principale modification par rapport à l'édition précédente consiste en l'ajout de l'Annexe A (informative), Eléments d'essai de fiabilité et leurs conditions.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
86C/1185/CDV	86C/1248/CDV

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/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62343, publiées sous le titre général *Modules dynamiques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication 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 à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

MODULES DYNAMIQUES –

Partie 2: Qualification de fiabilité

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62343 s'applique aux dispositifs et aux modules dynamiques disponibles sur le marché. Les exemples suivants peuvent être donnés: compensateurs de dispersion chromatique accordables, commutateurs sélectifs en longueur d'onde et contrôleurs de canal de transmission optique.

Les amplificateurs optiques ne sont pas inclus dans cette liste, mais ils sont traités dans l'IEC 61291-5-2.

Dans le cadre de la qualification de fiabilité, certaines informations sur les composants, les constituants et les interconnexions internes sont nécessaires; ces constituants internes sont traités comme des boîtes noires. La présente norme donne les exigences pour l'évaluation de la fiabilité des modules dynamiques en combinant la fiabilité de telles boîtes noires internes.

Les objectifs de la présente norme sont les suivants:

- spécifier les exigences pour la qualification de fiabilité des modules dynamiques;
- donner la liste minimale des essais de qualification de fiabilité, les exigences concernant les critères de défaillance pendant un essai et les prévisions de fiabilité, et donner les références normatives appropriées.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 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)*

IEC 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*

IEC 61300-2-12, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2-12: Essais – Impact*

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

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*

¹ A publier.

IEC 62572 (toutes les parties), *Composants et dispositifs actifs en fibres optiques – Normes de fiabilité*

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

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1.1

défaillance

non-conformité à la spécification produit ou modification des paramètres établis par la norme ou convenus avec le client et le fournisseur

3.1.2

qualification

terme généralement utilisé comme abréviation pour qualification de fiabilité

Note 1 à l'article: Elle est utilisée comme un essai formel pour déterminer si le produit convient ou non aux applications de télécommunications et par conséquent, le résultat attendu est "acceptation ou rejet".

Note 2 à l'article: Elle est différente de l'essai de fiabilité, qui est par nature un «essai technique» de fiabilité. Les essais de fiabilité sont conçus pour comprendre les considérations relatives à la fiabilité ou pour estimer la fiabilité du produit. L'acceptation ou le rejet n'est pas le principal résultat.

3.1.3

fiabilité

< au sens temporel > période minimale de fonctionnement continu du module dynamique sans aucune défaillance dans des conditions spécifiées de fonctionnement et d'environnement

3.1.4

fiabilité

< au sens fonctionnel > probabilité d'assurer des fonctions requises, dans des conditions spécifiées de fonctionnement et d'environnement

Note 1 à l'article: La fiabilité d'un module dynamique est exprimée par l'un des deux paramètres suivants: soit le temps moyen entre défaillances (MTBF) soit le nombre de défaillances dans un temps donné (FIT).

- le MTBF est la durée moyenne de fonctionnement continu du module dynamique sans aucune défaillance dans des conditions spécifiées de fonctionnement et d'environnement.
- le FIT est le nombre de défaillances attendu pour 10⁹ dispositif-heures dans des conditions de fonctionnement et d'environnement spécifiées.

3.2 Termes abrégés

Terme	Terme en français	Equivalent en anglais
AMDE	analyse des modes de défaillances et de leurs effets	failure mode and effects analysis (FMEA)
DM	module dynamique	dynamic module
DS	sécification particulière	detail specification
ESD	décharge électrostatique	electrostatic discharge
FIT	nombre de défaillances dans un temps donné	failure in time
LCD	affichage à cristaux liquides	liquid crystal device
MTBF	temps moyen entre défaillances	mean time between failure

Terme	Terme en français	Equivalent en anglais
HR	humidité relative	relative humidity (RH)
UCL	niveau de confiance supérieur	upper confidence level
VOA	affaiblisseurs optiques variables	variable optical attenuators

4 Considérations sur la qualification de fiabilité

4.1 Généralités

Puisque les modules dynamiques sont des produits relativement nouveaux sur le marché et qu'ils font intervenir différentes technologies, les exigences incluses dans la présente norme devront être révisées au fur et à mesure de l'évolution de la technologie.

4.2 Approche générale

Cela vaut la peine d'insister sur l'approche fondamentale de la qualification de fiabilité adoptée dans la présente norme:

- Tous les constituants qui peuvent être qualifiés efficacement sur leurs niveaux individuels doivent être qualifiés à ce niveau. Leur qualification doit être basée sur les normes IEC, ou sur d'autres normes industrielles en l'absence de normes IEC.
- Les essais de qualification exigés au niveau des modules dynamiques doivent être basés sur les mécanismes de dégradation et les modes de défaillance qui ne peuvent pas être détectés efficacement à des niveaux de constituants inférieurs. Au niveau du module dynamique, les essais de qualification ne doivent pas tendre à découvrir ni à identifier les mécanismes de dégradation et les modes de défaillance qui peuvent être découverts aux niveaux d'assemblage inférieurs à celui du produit final. Par exemple, si tous les constituants d'un module dynamique peuvent être efficacement soumis à un essai de chaleur humide accéléré provoquant des dégradations, il n'y a pas lieu de répéter l'essai de chaleur humide au niveau du module dynamique.

4.3 Conception du produit DM

Un module dynamique est un ensemble de différents composants, constituants et interconnexions. Il existe deux conceptions de base sur le marché actuel des modules dynamiques:

- Conception 1: les constituants (terme général qui inclut les composants, les constituants et les interconnexions utilisés pour constituer un module dynamique du point de vue de la présente norme) sont emballés séparément. Leurs emballages sont généralement hermétiques ou résistants à l'humidité. Ils sont intégrés dans un boîtier (généralement non-hermétique ou ne résistant pas à l'humidité).
- Conception 2: certains constituants utilisés dans des modules dynamiques sont des éléments optiques de base non encapsulés (par exemple, cristaux, lentilles, miroirs, etc.). Ces constituants ne peuvent pas être qualifiés efficacement de manière individuelle. Ces constituants ou éléments sont intégrés et encapsulés à l'intérieur d'un boîtier hermétique ou d'un boîtier résistant à l'humidité.

Dans la Conception 1, les constituants individuels peuvent être soumis à un essai et qualifiés individuellement et par conséquent, la qualification des modules dynamiques n'a pas à répéter les essais qui sont effectués au niveau des constituants pour les mêmes mécanismes de dégradation et modes de défaillance.

Dans la Conception 2, la qualification des modules dynamiques se concentre à nouveau sur les essais qui ne peuvent pas être effectués efficacement aux niveaux inférieurs d'assemblages (c'est-à-dire, au niveau du constituant de base). Toutefois, dans ce cas, un plus grand nombre d'essais est généralement nécessaire puisque les constituants ne peuvent pas être soumis efficacement à un essai individuel à leur niveau.

En raison des différences de conception, et par conséquent des différents mécanismes et modes de défaillance, différentes méthodes d'essai de qualification doivent être développées séparément. Elles sont décrites en 5.4.4 pour la Conception 1 et en 5.4.5 pour la Conception 2, respectivement.

5 Exigences de qualification de fiabilité

5.1 Généralités

Pour les besoins de la présente norme, toutes les interconnexions, tous les constituants et tous les composants internes doivent être traités comme une boîte noire. Il est également important de préciser que les constituants dans le module dynamique de cette conception incluent les épissures des fibres, le cheminement des fibres et la fixation des fibres, ainsi que la façon dont la fibre sort de l'enveloppe et la façon dont les constituants sont montés.

La présente norme est basée sur l'hypothèse selon laquelle la fiabilité d'un module dynamique peut être évaluée avec une confiance suffisante à partir des taux de nombre de défaillances de ses boîtes noires internes quand le processus d'assemblage des éléments constituants a été qualifié.

Certaines dégradations et défaillances ne sont pas dues aux défaillances des constituants. Un exemple est le cheminement des fibres et les supports des fibres. La qualité et la fiabilité de l'assemblage, par exemple le cheminement des fibres, doivent être évaluées et qualifiées par l'évaluation et la qualification du processus. Les procédures pour qualifier le processus d'assemblage sont décrites en 5.4.3.

Une liste des boîtes noires internes constituant souvent un module dynamique est donnée ci-dessous:

- des composants optiques passifs, y compris les cordons de brassage, les fibres amorce, les connecteurs et les épissures;
- des composants optiques actifs;
- des ensembles électroniques, y compris les cartes de circuit imprimé, les connecteurs électriques, etc.;
- d'autres éléments (par exemple, les épissures de fibres, le cheminement des fibres et la fixation des fibres, ainsi que la façon dont la fibre sort de l'enveloppe et dont les composants sont montés).

Les fabricants de modules dynamiques doivent déclarer le nombre et le type de boîtes noires internes constituant le module dynamique et donner les taux de défaillance (en nombre de défaillances dans le temps) pour chaque boîte noire.

Le taux de défaillance d'un module dynamique doit être calculé en combinant convenablement les taux de défaillance en nombre de défaillances dans le temps de ses boîtes noires, comme cela est décrit en 5.5.2. Le modèle et les hypothèses utilisés pour le calcul des taux de défaillance d'un module dynamique doivent être donnés et justifiés pour être examinés, si le fabricant du module dynamique le demande.

5.2 Démonstration de la qualité du produit

Puisque les essais de qualification de fiabilité sont effectués sur un nombre limité d'unités, il est essentiel d'avoir un système de gestion de la qualité en place pour garantir que la qualité de toutes les unités est cohérente. Un essai sur un nombre limité d'échantillons sera représentatif des unités de production à livrer une fois la qualification terminée.

La présente norme (si cela est exigé par la spécification particulière) spécifie les exigences obligatoires minimales pour évaluer la qualification de fiabilité d'un module dynamique et elle

est destinée à faire partie d'un programme de fiabilité des modules dynamiques et d'un système de gestion de la qualité globaux développés et mis en œuvre par le fabricant de modules dynamiques.

Le fabricant de modules dynamiques doit montrer:

- un processus de fabrication documenté et audité, comprenant la qualification de fiabilité des constituants achetés, en conformité avec l'ISO 9000;
- des données de performances des unités de production, celles-ci doivent pouvoir être passées en revue, et la distribution de ces données doit montrer que les processus sont soumis à des contrôles appropriés;
- un programme de qualification de fiabilité, y compris, par exemple, des essais de durée de vie accélérés, un rodage et un déverminage des constituants et des modules dynamiques;
- un programme de maintenance de la qualification de fiabilité pour assurer la continuité de la qualification (ce programme peut prendre la forme d'essais périodiques de qualification de fiabilité du produit ou de produits semblables);
- une procédure pour assurer un retour approprié vers le développement et la production des problèmes de fiabilité.

5.3 Responsabilité des essais

Le fabricant de modules dynamiques est responsable de la réalisation des essais de qualification de fiabilité.

Les essais détaillés dans la présente norme doivent être effectués par le fabricant de modules dynamiques. Des essais supplémentaires peuvent être spécifiés dans les spécifications particulières.

5.4 Essais

5.4.1 Caractéristiques complètes

Une caractérisation complète du produit portant sur ses performances (pouvant être au-delà de celles stipulées dans les spécifications de performance) et couvrant toutes les conditions de fonctionnement (pouvant aller au-delà de celles stipulées dans les spécifications des conditions de fonctionnement) doit être effectuée. Les données doivent être collectées et analysées (minimales pour la moyenne et l'écart type), et être disponibles pour être examinées.

5.4.2 Qualification de fiabilité des composants, des constituants et des interconnexions

Tous les composants, tous les constituants et toutes les interconnexions utilisés pour construire des modules dynamiques doivent être qualifiés conformément aux normes IEC appropriées. Les composants peuvent inclure, sans s'y limiter, des affaiblisseurs optiques variables, des prises ou des séparateurs, des détecteurs, des isolateurs, des circulateurs, des composants électroniques, des connexions épissurées (y compris l'encapsulation ou le revêtement), des cristaux, des miroirs, des prismes, etc.

Si les normes IEC pour ces constituants sont en cours de développement ou si elles ne sont pas encore disponibles, il convient d'adopter les normes IEC applicables aux constituants ayant des modes de défaillance et des mécanismes de dégradation similaires. Une analyse de similitude des modes de défaillance et des mécanismes de dégradation doit être fournie pour étayer cette approche.

Les conceptions qui utilisent de nombreux constituants identiques doivent être examinées. Les taux de défaillance de tels constituants peuvent contribuer de manière significative au taux de défaillance ou au temps d'arrêt global du système. Il convient également d'étudier la dégradation cumulative des constituants individuels. Les résultats peuvent nécessiter des

essais sur des échantillons supplémentaires ou des définitions de défaillance plus rigoureuses.

En outre, les critères d'acceptation et de rejet de la qualification d'un constituant doivent être examinés minutieusement pour déterminer si la qualification du constituant est appropriée. Par exemple, si plusieurs prises 1x2 sont utilisées dans une conception de série, non seulement le taux de défaillance est multiplié mais également la dégradation (c'est-à-dire que le critère d'acceptation ou de rejet à 0,5 dB est multiplié), ce qui peut ne pas être acceptable. Le critère d'acceptation et de rejet des constituants qui est généralement défini avec une valeur de 0,5 dB de variation des pertes d'insertion n'est pas assez strict pour les besoins d'un produit tel qu'un module dynamique. L'évaluation de critères plus stricts doit être effectuée et l'état de qualification doit être justifié.

5.4.3 Qualification de fiabilité du processus d'assemblage des modules dynamiques

Le cheminement des fibres et le montage des composants sont tous les deux des processus importants de l'assemblage d'un module qui peuvent contribuer largement au taux de défaillance s'ils ne sont pas réalisés correctement. Leurs conceptions et leurs processus doivent être soigneusement documentés et soumis à des essais. Toute modification doit être accompagnée de données expérimentales appropriées.

Si le cheminement des fibres est documenté et contrôlé de manière approfondie (par exemple, par des mesures de performance avant et après le cheminement) et que le module dynamique final est qualifié, le processus de cheminement des fibres peut être considéré comme un processus qualifié et il peut être utilisé dans d'autres produits semblables pour réaliser un produit réputé comme qualifié par similitude.

5.4.4 Qualification de fiabilité des modules dynamiques de Conception 1

Comme cela est décrit en 5.1 pour la Conception 1, les constituants (composants utilisés pour réaliser un module dynamique) sont emballés séparément. Leurs emballages sont généralement hermétiques ou résistants à l'humidité. Ils sont intégrés dans un boîtier (généralement non-hermétique ou ne résistant pas à l'humidité).

Une procédure de qualification de fiabilité concernant les modules dynamiques complets est décrite dans le Tableau 1. Elle donne la liste minimale des essais à réaliser sur les modules dynamiques pour assurer la fiabilité.

Pour les essais, aucune défaillance n'est admise. Les essais peuvent être réalisés de manière séquentielle ou en parallèle. Pour les essais "en fonctionnement", il convient de surveiller les paramètres appropriés pendant l'essai.

Sur la base de l'assurance de la fiabilité exigée pour les essais de fiabilité pour les boîtes noires internes des modules dynamiques, le niveau d'échantillonnage est généralement bas (par exemple quelques échantillons pour chaque type de module dynamique).

Dans certains cas spécifiques l'utilisation d'adhésifs dans le module dynamique peut être considérée comme un processus critique et doit nécessiter une qualification distincte. Selon la fonction possible de l'adhésif (ancrage mécanique, protection d'épissure, adaptation d'indice, etc.), les différents modes de défaillance doivent être traités et accompagnés de données de fiabilité ou de qualification.

Le point principal dans la qualification de fiabilité d'un module dynamique de Conception 1 est de garantir que la fiabilité de chaque constituant n'est pas dégradée dans le processus de fabrication utilisé.

Tableau 1 – Liste minimale des essais exigés sur les modules dynamiques de Conception 1

Essai		Condition	Durée	Echantillons
Vieillessement actif à haute température		85 °C	2 000 h	3
Cycles de température en fonctionnement		$T_{op, min}/T_{op, max}$ >1 °C/min	100 cycles	3
Essai mécanique hors fonctionnement	Chute(impact) ^a	Chute d'une hauteur de 100 mm si <10 kg, chute de 75 mm si 10 kg – 25 kg	Voir le tableau ci-dessous	3
	Vibration ^b	10 Hz à 55 Hz, 1,52 mm, 1 octave/min	2 h par direction	3
	Traction	5/10/100 N ^c	Voir le tableau ci-dessous	3
Choc en fonctionnement ^d		400 m/s ² , 5ms pour +/- axe-z, 200 m/s ² , 5ms pour +/- axe-x, 100 m/s ² , 5 ms for +/- axe-y	3 fois/direction	3
Vibration en fonctionnement ^d		50 Hz à 500 Hz, 20 m/s ² pour axe-z, 10 m/s ² pour axe-x, 5 m/s ² pour axe-y	2 balayages/direction	3

NOTE Une référence à la méthode d'essai de cycle de température est fournie à l'Article A.3.

^a Essai mécanique Impact (chute) (IEC 61300-2-12 pour les chutes)

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

^b Essai mécanique: vibrations (sinusoïdales, IEC 61300-2-1).

^c Essai de fibre amorce (essai de traction). La première valeur dans chaque rangée est le diamètre extérieur de la fibre sous revêtement protecteur ou câblée à laquelle les conditions d'essai spécifiées s'appliquent.

Rétention du câble (traction)	2 mm: 20 N à 100 N, 3 fois, tractions de 5 s	IEC 61300-2-4
	900 µm 10 N, 3 fois, tractions de 5 s	
	250 µm: 5 N, 3 fois, tractions de 5 s	

^d Les directions des axes x, y et z sont définies par la direction de montage sur une carte dans un équipement (axe-x: direction d'après l'avant et l'arrière de la carte à monter lorsqu'elle est installée dans un bloc d'équipement, axe-y: direction d'après la gravité (haut et bas) de la carte à monter lorsqu'elle est installée dans un bloc d'équipement, axe-z: direction qui est perpendiculaire à la carte à monter.) Si un contrôleur ne peut pas définir la direction de montage, l'essai doit être réalisé dans les conditions les plus sévères pour toutes les directions.

Il est essentiel que les modules dynamiques évalués soient entièrement représentatifs de la production normale et qu'ils aient passé avec succès toutes les procédures de production et/ou les procédures de rodage et de déverminage spécifiées (s'il y a lieu dans le module dynamique).

Les aspects des conditions d'essai qui ne sont pas traités dans la présente norme sont donnés dans les spécifications particulières applicables.

5.4.5 Qualification de fiabilité des modules dynamiques de Conception 2

Une procédure de qualification de fiabilité concernant les modules dynamiques de conception 2 est décrite dans le Tableau 2. Dans le cas d'un module dynamique de Conception 2, on ne peut pas soumettre efficacement tous les constituants individuellement à un essai (voir 4.3). Par conséquent, de nombreux essais d'environnement à long terme ne peuvent être menés et qualifiés efficacement qu'au niveau de l'assemblage du produit final d'un module dynamique.

Pour les essais, aucune défaillance n'est admise. Les essais peuvent être réalisés de manière séquentielle ou en parallèle. Pour les essais "en fonctionnement", il convient de surveiller les paramètres appropriés pendant l'essai.

Par exemple, certains des constituants peuvent avoir été qualifiés suite à l'essai de chaleur humide, mais d'autres peuvent ne pas satisfaire à l'essai de chaleur humide, comme exigé pour les applications de télécommunications. Par conséquent, les unités de modules dynamiques avec tous les constituants assemblés doivent être soumises à un essai dans des conditions de chaleur humide. Même s'ils peuvent paraître redondants, ces essais sont nécessaires.

Tableau 2 – Liste minimale des essais exigés sur les modules dynamiques de Conception 2

Essai		Condition	Durée	Echantillons							
Vieillessement actif à haute température		85 °C	2 000 h	3							
Cycles de température en fonctionnement		$T_{op, min}/T_{op, max}$ >1 °C/min	100 cycles	3							
Chaleur humide		85 °C/85 % HR ^a	500 h	3							
Essai mécanique hors fonctionnement	Chute (impact) ^b	Chute d'une hauteur de 100 mm si <10 kg, et chute de 75 mm si 10 kg – 25 kg	Voir le tableau ci-dessous	3							
	Vibrations ^c	10 Hz à 55 Hz, 1,52mm, 1 octave/min	2 h par direction	3							
	Traction ^d	5/10/100 N	Voir le tableau ci-dessous	3							
Choc en fonctionnement ^e		400 m/s ² , 5ms pour ± axe-z, 200 m/s ² , 5ms pour ± axe-x, 100 m/s ² , 5ms pour ± axe-y	3 fois/direction	3							
Vibrations en fonctionnement ^e		50 Hz à 500 Hz, 20 m/s ² pour axe-z 10 m/s ² pour axe-x 5 m/s ² pour axe-y	2 balayages/direction	3							
Herméticité (contrôlée avant et après le choc thermique liquide-liquide)		$\Delta T = 100$ °C	15 cycles	3 boîte inerte							
NOTE Une référence à la méthode d'essai de cycle de température est donnée à l'Article A.3.											
^A Chaleur humide: l'essai de chaleur humide à 85 °C/85 % HR pendant 100 h a été préconisé par certains fabricants. Ces conditions d'essai peuvent être utilisées. Sinon, l'essai de chaleur humide à 40 °C/93 % HR pendant une durée bien plus longue peut être utilisé, la durée réelle devant être déterminée par le facteur d'accélération.											
^b Essai mécanique: impact (IEC 61300-2-12).											
		<table><tr><th>Masse kg</th><th>Hauteur de chute mm</th></tr><tr><td>0 à < 10</td><td>100</td></tr><tr><td>10 à < 25</td><td>75</td></tr></table>	Masse kg	Hauteur de chute mm	0 à < 10	100	10 à < 25	75			
Masse kg	Hauteur de chute mm										
0 à < 10	100										
10 à < 25	75										
^c Essai mécanique: vibrations (sinusoïdales, IEC 61300-2-1).											
^d Essai de fibre amorce (essai de traction). La première valeur dans chaque rangée est le diamètre extérieur de la fibre sous revêtement protecteur ou câblée à laquelle les conditions d'essai spécifiées s'appliquent.											
	<table><tr><td>Rétention du câble (traction)</td><td>2 mm: 20 N à 100 N, 3 fois, tractions de 5 s 900 µm: 10 N, 3 fois, tractions de 5 s 250 µm: 5 N, 3 fois, tractions de 5 s</td><td>IEC 61300-2-4</td></tr></table>	Rétention du câble (traction)	2 mm: 20 N à 100 N, 3 fois, tractions de 5 s 900 µm: 10 N, 3 fois, tractions de 5 s 250 µm: 5 N, 3 fois, tractions de 5 s	IEC 61300-2-4							
Rétention du câble (traction)	2 mm: 20 N à 100 N, 3 fois, tractions de 5 s 900 µm: 10 N, 3 fois, tractions de 5 s 250 µm: 5 N, 3 fois, tractions de 5 s	IEC 61300-2-4									
^e Les directions des axes x, y et z sont définies par la direction de montage sur une carte dans un bloc d'équipement (axe-x: direction d'après l'avant et l'arrière de la carte à monter lorsqu'elle est installée dans un bloc d'équipement, axe-y: direction d'après la gravité (haut et bas) de la carte à monter lorsqu'elle est installée dans un bloc d'équipement, axe-z: direction qui est perpendiculaire à la carte à monter.) Si un contrôleur ne peut pas définir la direction de montage, l'essai doit être réalisé dans les conditions les plus sévères pour toutes les directions.											

Il est essentiel que les modules dynamiques évalués soient entièrement représentatifs de la production normale et qu'ils aient subi toutes les procédures de production et/ou les procédures de rodage et de déverminage spécifiées (s'il y a lieu dans le module dynamique).

Les aspects des conditions d'essai non fournis dans la présente norme sont donnés dans les normes applicables.

5.4.6 Critères d'acceptation/de rejet

Il convient de noter que le critère de défaillance communément utilisé pour une dérive de perte d'insertion supérieure à 0,5 dB est une ligne directrice. Pour les modules dynamiques DWDM, tels que les bloqueurs de longueur d'onde, la dérive de longueur d'onde centrale doit être définie comme un critère de défaillance. Il convient de développer les critères réels et pratiques en se basant sur la dégradation admise pour la durée de vie prévue pour le produit. Un exemple est fourni ci-dessous pour illustrer la détermination.

EXEMPLE:

- Le facteur d'accélération de la condition d'essai par rapport à la condition de fonctionnement est de 50.
- La mesure paramétrique du début de vie est 1,0 dB en dessous de la spécification de fin de vie.
- La durée de vie prévue est prise comme étant de 20 ans.
- La dégradation admise pour un essai de 2 000 h est: $(1,0 \times 50 \times 2\,000) / (20 \times 365,25 \times 24) = 0,57$ dB.
- A noter que la perte d'insertion n'est pas le seul paramètre pris en compte concernant l'acceptation ou le rejet ; d'autres paramètres le sont aussi.

5.5 Procédure d'évaluation de la fiabilité

5.5.1 Analyse des résultats de la fiabilité

Les clients/fournisseurs de modules dynamiques doivent disposer d'une procédure pour analyser et vérifier les indications de fiabilité d'un fabricant de modules dynamiques. En particulier, il convient que la procédure inclue l'analyse

- des données relatives à l'essai d'endurance pour le module dynamique complet,
- des données d'essai pour les constituants internes,
- des résultats des essais environnementaux.

L'analyse des résultats conduit à consigner les paramètres de fiabilité du module dynamique pour chaque type de dispositif ou de sous-système. Les paramètres de fiabilité minimaux doivent être présentés comme dans le Tableau 4 (voir ci-dessous).

5.5.2 Calculs de fiabilité

Une prévision de fiabilité portant sur le module dynamique complet est fournie par le fabricant du module dynamique, sur la base des taux de défaillance (en nombre de défaillances dans le temps, FIT) des boîtes noires internes composant le module dynamique (Conception 1) ou sur la base des données pour le module dynamique complet (Conception 2).

Les taux de défaillance des boîtes noires internes doivent être donnés par le fabricant de modules dynamiques en tenant compte des valeurs de base issues des heures cumulées des composants provenant des différents constituants inclus dans le module dynamique. Les calculs pour chaque boîte noire interne doivent être basés sur les normes actuelles traitant des calculs de fiabilité.

Les calculs de fiabilité incluront également les défauts d'usure. Les nombres de défaillances dans le temps (FIT) donnés pour chaque boîte noire interne doivent tenir compte de tous les modes de défaillance prévus.

Les nombres de défaillances dans le temps des boîtes noires internes doivent être combinés pour donner le taux de défaillance du module dynamique de Conception 1 comme cela est expliqué dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Taux de défaillance des constituants

Elément	Nombre d'éléments	Valeur mesurée (UCL 95 %)
Epissure	n_2	A_2 FIT (défaillance aléatoire)
Connecteur	n_3	A_3 FIT (défaillance aléatoire)
Electronique	n_4	A_4 FIT (défaillance aléatoire)
Composant actif de type 1	$n_{(4+1)}$	$A_{(4+1)}$ FIT (défaillance aléatoire et d'usure)
Composant actif de type 2	$n_{(4+2)}$	$A_{(4+2)}$ FIT (défaillance aléatoire et d'usure)
.....		
Composant actif de type m	$n_{(4+m)}$	$A_{(4+m)}$ FIT (défaillance aléatoire et d'usure)
Autre composant interne de type 1	$n_{(4+m+1)}$	$A_{(4+m+1)}$ FIT (défaillance aléatoire)
Autre composant interne de type 2	$n_{(4+m+2)}$	$A_{(4+m+2)}$ FIT (défaillance aléatoire)
.....		
Autre composant interne de type h	$n_{(4+m+h)}$	$A_{(4+m+h)}$ FIT (défaillance aléatoire)
Composant optique passif de type 1	$n_{(4+m+h+1)}$	$A_{(4+m+h+1)}$ FIT (défaillance aléatoire)
Composant optique passif de type 2	$n_{(4+m+h+2)}$	$A_{(4+m+h+2)}$ FIT (défaillance aléatoire)
.....		
Composant optique passif de type k	$n_{(4+m+h+k)}$	$A_{(4+m+h+k)}$ FIT (défaillance d'usure)
Cheminement des fibres		
Fixation de composant optique	$n_{(4+m+h+k)}$	$A_{(4+m+h+k)}$ FIT
Tout autre mode de défaillance identifié dans l'AMDEC	$n_{(4+m+h+k)}$	$A_{(4+m+h+k)}$ FIT
Taux de défaillance total		$\sum_i A_i * n_i$
NOTE n_i est le nombre de composants de chaque type inclus dans le module dynamique.		

5.5.3 Méthodes d'essai de qualification de fiabilité

Le Tableau 4 donne une liste de références normatives indiquant les essais de qualification de fiabilité et les conditions d'essai appropriés pour les composants utilisés pour les modules dynamiques.

Tableau 4 – Liste applicable de méthodes d'essai de fiabilité de l'IEC pour les composants optiques

Composants	Référence IEC (référence du document de qualification de fiabilité)
Composants optiques passifs	IEC 62005-9-1
Connecteurs optiques	IEC TR 62005-9-2
Composants optiques actifs	Série IEC 62572

6 Lignes directrices – AMDE et qualification-par-similitude

Cela vaut la peine de souligner que les essais de qualification ou d'évaluation de la fiabilité doivent être basés sur les mécanismes de dégradation et les modes de défaillance. Les essais accélérés appropriés peuvent être développés une fois que les mécanismes de dégradation, les modes de défaillance et leurs facteurs d'accélération sont compris. Il convient de commencer par développer l'analyse des modes de défaillance et leurs effets (AMDE). Il convient que l'AMDE donne lieu à une planification et à la réalisation d'un ensemble d'essais de fiabilité. Les résultats des essais peuvent être utilisés pour développer

des essais supplémentaires ou des essais affinés pour mieux comprendre les mécanismes de dégradation ou développer les modèles d'accélération.

Lorsqu'une gamme de modules dynamiques est produite par un fabricant de modules dynamiques, différents codes de type peuvent présenter d'importantes similitudes. Il est donc permis de combiner les résultats de différents programmes d'essai, le cas échéant.

Il convient de prendre en compte le fait que de légères différences de technologie ou de traitement peuvent parfois avoir un impact important sur la fiabilité, bien qu'elles ne soient pas évidentes pendant l'évaluation de la qualité.

Au minimum, l'AMDE doit être réalisée pour toutes les variétés de produits considérés comme "semblables" et qui seront réputés "qualifiés par similitude". L'AMDE doit être réalisée minutieusement pour constituer un outil efficace de prise en compte des produits "qualifiés par similitude". Sa précision peut être vérifiée par l'analyse des modes de défaillances (FMA) issue des pertes de fabrication et des retours clients.

Il convient de présenter des preuves qui démontrent que tous les résultats sont pertinents.

Annexe A (informative)

Eléments d'essai de fiabilité et leurs conditions

A.1 Généralités

La présente annexe donne des informations concernant les éléments d'essai de fiabilité et les conditions pour les modules dynamiques. Le contrôleur peut choisir les éléments d'essai de fiabilité et les conditions en se référant à ce qui suit.

A.2 Essais environnementaux mécaniques

Le Tableau A.1 donne la sévérité des éléments d'essai pour les essais environnementaux mécaniques. Pour un module dynamique avec des constituants mobiles, comme les miroirs MEMS, il est fortement recommandé de réaliser des essais de chocs et de vibrations mécaniques en fonctionnement. Les essais de chocs et de vibrations sont réalisés en contrôlant les performances des modules dynamiques au cours des essais. Il est recommandé de réaliser les essais de vibrations au cours du transport et de chute lors des manipulations sur les modules emballés.

Tableau A.1 – Essais environnementaux mécaniques et sévérité

Groupes	Eléments d'essai	Sévérité	Références
Chocs mécaniques	Chocs mécaniques (en fonctionnement)	400 m/s ² , 5 ms pour ± axe-z 200 m/s ² , 5 ms pour ± axe-x 100 m/s ² , 5 ms pour ± axe-y 3 fois pour chaque direction	IEC 62343-6-5
Vibrations	Vibrations mécaniques (en fonctionnement)	50 Hz – 500 Hz 20 m/s ² pour l'axe-z 10 m/s ² pour l'axe x 5 m/s ² pour l'axe y 1 octave/min 2 balayages pour chaque direction	IEC 62343-6-5
Chocs/impacts mécaniques	Chocs mécaniques (composants) (hors fonctionnement)	5 000 m/s ² , 3 axes, 2 impacts/direction (12 impacts au total) Impulsion semi sinusoïdale nominale 1 ms, (poids: ≤ 0,125 kg)	GR-1209, IEC 61753-1, IEC 61300-2-9
	Chocs mécaniques (module) (hors fonctionnement)	2 000 m/s ² , 3 axes, 2 impacts/direction (12 impacts au total) Impulsion semi sinusoïdale nominale 1,33 ms, (poids: > 0,125 et ≤ 0,225 kg)	GR-1209, IEC 61753-1, IEC 61300-2-9
		500 m/s ² , 3 axes, 2 impacts/direction (12 impacts au total) Impulsion semi sinusoïdale nominale 5 ms, (poids: >0,225 et ≤1 kg)	GR-1209, IEC 61753-1, IEC 61300-2-9
	Chute non-emballé (hors fonctionnement)	100 mm de hauteur pour un poids ≤10 kg 75 mm de hauteur pour un poids >10 kg et ≤25 kg	GR-63
Vibrations mécaniques	Vibrations (hors fonctionnement)	10 Hz – 55 Hz, amplitude 1,52 mm, 3 axes (20 min/axis) pour 1 h	GR-1209
	Vibrations (hors fonctionnement)	10 Hz – 5 Hz, amplitude 0,75 mm, 3 axes, 1 octave/min, 15 balayages par direction	IEC 61753-1 IEC 61300-2-1
Vibrations/impact pendant le Transport	Vibrations pendant le transport – emballés (hors fonctionnement)	5 Hz – 20 Hz, 0,01 g ² /Hz, 20 – 200 Hz, –3 dB/octave	GR-63

Groupes	Éléments d'essai	Sévérité	Références
	Chute pendant les manipulations (hors fonctionnement)	1 m de hauteur pour un poids ≤10 kg	GR-63

A.3 Essais environnementaux de température et d'humidité

Le Tableau A.2 donne la sévérité des éléments d'essai pour les essais environnementaux de température et d'humidité. Ces types d'essais sont les plus courants pour la vérification de la conception et la fiabilité. Pour les modules scellés de manière hermétique, il est possible de ne pas réaliser les essais de chaleur humide et d'humidité élevée. Pour les modules semi-scillés (scillés à la résine), il convient de noter que les modules d'essai peuvent absorber l'humidité. Pour les modules encapsulés scillés hermétiquement, il est recommandé de réaliser un essai d'analyse de gaz résiduel (RGA).

Tableau A.2 – Essais de température et d'humidité et sévérité

Groupes	Éléments d'essai	Sévérité	Références
Haute température	Haute température (hors fonctionnement)	60 °C ±2 °C, 96 h	IEC 61753-1 cat C, IEC 61300-2-18
Basse température	Basse température (hors fonctionnement)	–10 °C ±2 °C, 96 h	IEC 61753-1 cat C, IEC 61300-2-17
Cycles de température	Cycles de température (hors fonctionnement)	–40 °C à 70 °C, 10 cycles, durée des paliers: 12 min, vitesse de variation: 1 °K /min	GR-1209
Cycles de température	Variation de température (en fonctionnement)	–10 °C ±2 °C à 60 °C ±2 °C, durée: 60 min, taux de variation 1 °K/min, 5 cycles	IEC 61753-1 cat C, IEC 61300-2-22
	Effet de température DWDM (en fonctionnement)	–10 °C à 60 °C, durée des paliers: 30 min	GR-1209
Choc de température	Choc thermique basse température (hors fonctionnement)	30 °K/h à –40 °C, –40 °C pendant 72 h, 5 min jusqu'à la RT	GR-63
	Choc thermique haute température (hors fonctionnement)	30 °K/h à 70 °C, 70 °C pendant 72 h, 5 min jusqu'à la RT	GR-63
Chaleur humide	Vieillissement par l'humidité et la température (hors fonctionnement)	75 °C, 90 % HR, 168 h	GR-1209
	Chaleur humide continue (hors fonctionnement)	40 °C ±2 °C, 93 % $\begin{smallmatrix} +2 \\ -3 \end{smallmatrix}$ %, 96 h	IEC 61753-1 cat C, IEC 61300-2-19
	Humidité relative élevée (hors fonctionnement)	40 °C, 93 %, 96 h	GR-63
	Chaleur humide continue (hors fonctionnement)	30 °C, 80 %, 96 h	JIS C 5901

Groupes	Éléments d'essai	Sévérité	Références
Cycles d'humidité et de température	Cycles de température et d'humidité (en fonctionnement)	–10 °C à 60 °C, humidité de 20 % à 85 % HR	GR-1209

A.4 Essais de compatibilité électromagnétique

Le Tableau A.3 donne les éléments d'essai et la sévérité des essais de compatibilité électromagnétique. Pour les modules dynamiques qui utilisent un LCD (liquid crystal device) comme dispositif de pilotage, une tension alternative peut être nécessaire comme tension de commande électrique. Un circuit convertisseur DC/AC peut avoir un impact sur les décharges électrostatiques, etc. Pour un module dynamique qui utilise un moteur MEMS électrostatique à l'intérieur, il est admis de monter un circuit de conversion à tension plus élevée. Il est recommandé de réaliser les essais ESD lorsque le circuit d'alimentation électrique est à l'intérieur.

Tableau A.3 – Éléments d'essai de compatibilité électromagnétique et leurs sévérités

Groupes	Essais	Sévérité	Références
Brouillage électromagnétique	Brouillage électromagnétique (hors fonctionnement)	Classe B	FCC Partie 15
		Classe B	CISPR 22
		Classe B	EN 55022
		Classe B + α (exigences d'origine)	FCC Partie 15
		Classe B + α (exigence originale)	CISPR 22
		Classe B + α (exigence originale)	EN 55022
	Brouillage électromagnétique (hors fonctionnement)	Classe A (non-résidentiel) critères d'immunité aux émissions électromagnétiques dans l'Article 3 du GR-1089:2011	GR-1312, GR-1089
Décharge électrostatique	Décharge électrostatique (hors fonctionnement)	Décharge par contact: 8 kV Décharge dans l'air: 15 kV	IEC 61000-4-2, Niveau 4
		Décharge par contact: 6 kV Décharge dans l'air: 8 kV	IEC 61000-4-2, Niveau 3
	Décharge électrostatique (hors fonctionnement)		TR-NWT-000870
Immunité électromagnétique	Immunité électromagnétique (hors fonctionnement)	80 MHz – 1 000 MHz, 10 V/m	IEC 61000-4-3, Niveau 3
		80 MHz – 1 000 MHz, 3 V/m	IEC 61000-4-3, Niveau 2
Essai d'immunité électromagnétique aux transitoires rapides en salves	Essai d'immunité électromagnétique aux transitoires rapides en salves (hors fonctionnement)		IEC 61000-4-4, Niveau 4
			IEC 61000-4-4, Niveau 3
			IEC 61000-4-4, Niveau 2
			IEC 61000-4-4, Niveau 1
Onde de choc	Salves (hors fonctionnement)		IEC 61000-4-5
Immunité aux perturbations conduites	Immunité aux perturbations conduites (hors fonctionnement)		IEC 61000-4-6

Groupes	Essais	Sévérité	Références
Mise à la terre	Mise à la terre (hors fonctionnement)		GR-1089, Chapitre 9

A.5 Essais d'intégrité des fibres

Le Tableau A.4 donne les éléments d'essai et la sévérité des essais d'intégrité des fibres. Ces types d'essais sont communs pour les modules à fibre amorce. Il convient de noter que certains essais nécessitent un contrôle au cours de leur déroulement. Il est recommandé d'examiner les méthodes et les procédures de montage lors du choix de l'essai.

Tableau A.4 – Eléments d'essai de l'intégrité des fibres et leurs sévérités

Groupes	Essais	Sévérités	Références
Rétention du câble	Rétention du câble (hors fonctionnement)	0,45 kgf pour les fibres sous protection, 5 s, 3 fois 0,45 kgf pour les revêtements protecteurs serrés, 5 s, 3 fois 1 kgf pour les revêtements protecteurs lâches, 5 s, 3 fois 1 kgf pour les types renforcés, 5 s, 3 fois	GR-1209
	Rétention du câble à fibres (en fonctionnement)	2 N pour revêtement primaire 5 N pour revêtement secondaire 10 N pour câbles renforcés 120 s durée pour 10 N 60 s durée pour 2 N et 5 N	IEC 61753-1, cat C, IEC 61300-2-4
Flexion de la fibre	Flexion de la fibre (hors fonctionnement)	0,45 kgf, 30 cycles en cas de revêtement, revêtement protecteur serré, revêtement protecteur lâche, 0,45 kgf, 300 cycles pour les cas renforcés	GR-1209
	Flexion de la fibre (en fonctionnement)	2 N pour les cas renforcés, $\pm 90^\circ$, 30 cycles	IEC 61753-1, cat C, IEC 61300-2-44
Torsion des fibres	Torsion de la fibre (hors fonctionnement)	0,45 kgf 10 cycles en cas de revêtement, revêtement protecteur serré, revêtement protecteur lâche, cas renforcés	GR-1209
	Torsion (hors fonctionnement)	5,0 N à 0,1 N/s pour les cas renforcés 2,0 N à 0,1 N/s for pour les revêtements primaires et secondaires 10 cycles $\pm 180^\circ$	IEC 61753-1, cat O, IEC 61300-2-5
Traction latérale de la fibre	Traction latérale de la fibre (hors fonctionnement)	0,23 kgf 90° 5 s, 2 directions pour les revêtements protecteurs serrés, 0,45 kgf, 90° , 5 s pour les revêtements protecteurs lâches, cas renforcés	GR-1209
	Charge latérale statique (en fonctionnement)	1 N pendant 1 h pour les câbles renforcés 0,2 N pendant 5 min pour les fibres sous revêtement secondaire, deux directions perpendiculaires l'une par rapport à l'autre	IEC 61753-1, cat C, IEC 61300-2-42

Bibliographie

IEC 60050-731, *Vocabulaire Électrotechnique International – Chapitre 731: Télécommunications par fibres optiques*

IEC 61000-4-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

IEC 61000-4-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

IEC 61000-4-6, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites induites par les champs radioélectriques*

IEC 61291-5-2, *Amplificateurs optiques – Partie 5-2: Spécifications de qualification – Qualification de fiabilité pour amplificateurs à fibres optiques*

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

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

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

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*
(disponible en anglais seulement)

IEC 61753-1, *Norme de qualité de fonctionnement des dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Partie 1: Généralités et lignes directrices pour l'établissement des normes de qualité de fonctionnement*

IEC TR 61931, *Fibres optiques – Terminologie*

IEC 62343-6-5, *Dynamic modules – Part 6-5: Design guide – Investigation of operating mechanical shock and vibration tests for dynamic devices*
(disponible en anglais seulement)

CISPR 22, *Appareils de traitement de l'information – Caractéristiques des perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*

EN 55022, *Appareils de Traitement de l'Information – Caractéristiques des perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*

FCC Radio 47, *Part 15, Communications equipment Computer technology*

Telcordia GR-63, *NEBS(TM) Requirements: Physical Protection*

Telcordia GR-1089:2011, *Electromagnetic Compatibility and Electrical Safety – Generic Criteria for Network Telecommunications Equipment*

Telcordia GR-1209, *Generic Requirements for Passive Optical Components*

Telcordia GR-1221, *Generic Reliability Assurance Requirements for Passive Optical Components*

Telcordia GR-1312, *Generic Requirements for Optical Fiber Amplifiers and Proprietary Dense Wavelength-Division Multiplexed Systems*

Telcordia TR-NWT-000870, *Electrostatic Discharge Control in the Manufacture of Telecommunications Equipment*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch