



IEC/IEEE 60780-323

Edition 1.0 2016-02

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Nuclear facilities – Electrical equipment important to safety – Qualification

**Installations nucléaires – Equipements électriques importants pour la sûreté –
Qualification**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

Copyright © 2016 IEEE

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 being secured. Requests for permission to reproduce should be addressed to either IEC at the address below or IEC's member National Committee in the country of the requester or from IEEE.

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

Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
3 Park Avenue
New York, NY 10016-5997
United States of America
stds.ipr@ieee.org
www.ieee.org

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 the IEEE

IEEE is the world's largest professional association dedicated to advancing technological innovation and excellence for the benefit of humanity. IEEE and its members inspire a global community through its highly cited publications, conferences, technology standards, and professional and educational activities.

About IEC/IEEE publications

The technical content of IEC/IEEE publications is kept under constant review by the IEC and IEEE. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 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.



IEC/IEEE 60780-323

Edition 1.0 2016-02

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Nuclear facilities – Electrical equipment important to safety – Qualification

Installations nucléaires – Equipements électriques importants pour la sûreté – Qualification

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.120.20

ISBN 978-2-8322-3168-5

**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.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope and object.....	8
2 Normative references.....	8
3 Terms and definitions.....	8
4 Symbols and abbreviations.....	12
5 Principles of equipment qualification.....	12
5.1 Qualification objective.....	12
5.2 Qualified life and qualified condition.....	13
5.3 Qualification elements.....	13
5.4 Qualification documentation.....	13
6 Qualification methods.....	14
6.1 Initial qualification.....	14
6.1.1 Type testing.....	14
6.1.2 Operating experience.....	14
6.1.3 Analysis.....	14
6.1.4 Combined methods.....	14
6.2 Reassessing qualified life.....	14
6.2.1 General.....	14
6.2.2 Method 1: Using conservatism.....	15
6.2.3 Method 2: Type test on aged samples from the plant.....	15
6.2.4 Method 3: Performing type test for longer qualified life.....	15
6.2.5 Method 4: Component replacement.....	15
6.3 Condition monitoring.....	15
7 Qualification program.....	16
7.1 General.....	16
7.2 Equipment specification.....	16
7.2.1 General.....	16
7.2.2 Equipment identification.....	16
7.2.3 Interfaces.....	16
7.2.4 Qualified life objective.....	17
7.2.5 Safety function(s).....	17
7.2.6 Service conditions.....	17
7.3 Qualification programme plan.....	18
7.3.1 General.....	18
7.3.2 Ageing.....	18
7.3.3 Significant ageing mechanisms.....	18
7.3.4 Qualified life objective.....	19
7.3.5 Service condition margin.....	19
7.3.6 Maintenance.....	19
7.3.7 Acceptance criteria.....	19
7.4 Qualification programme implementation.....	19
7.4.1 Type testing.....	19
7.4.2 Operating experience.....	25
7.4.3 Qualification with analysis.....	26

- 7.4.4 Modifications.....27
- 8 Documentation27
 - 8.1 General.....27
 - 8.2 General documentation requirements27
 - 8.3 Specific documentation requirements for mild environment28
 - 8.4 Specific documentation requirements for harsh environment28
- Bibliography29

- Table 1 – Minimal test margins recommended for DBEs.....21

NUCLEAR FACILITIES – ELECTRICAL EQUIPMENT IMPORTANT TO SAFETY – 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.

IEEE Standards documents are developed within IEEE Societies and Standards Coordinating Committees of the IEEE Standards Association (IEEE-SA) Standards Board. IEEE develops its standards through a consensus development process, approved by the American National Standards Institute, which brings together volunteers representing varied viewpoints and interests to achieve the final product. Volunteers are not necessarily members of IEEE and serve without compensation. While IEEE administers the process and establishes rules to promote fairness in the consensus development process, IEEE does not independently evaluate, test, or verify the accuracy of any of the information contained in its standards. Use of IEEE Standards documents is wholly voluntary. IEEE documents are made available for use subject to important notices and legal disclaimers (see <http://standards.ieee.org/IPR/disclaimers.html> for more information).

IEC collaborates closely with IEEE in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations. This Dual Logo International Standard was jointly developed by the IEC and IEEE under the terms of that agreement.

- 2) The formal decisions 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. The formal decisions of IEEE on technical matters, once consensus within IEEE Societies and Standards Coordinating Committees has been reached, is determined by a balanced ballot of materially interested parties who indicate interest in reviewing the proposed standard. Final approval of the IEEE standards document is given by the IEEE Standards Association (IEEE-SA) Standards Board.
- 3) IEC/IEEE Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees/IEEE Societies in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC/IEEE Publications is accurate, IEC or IEEE 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 (including IEC/IEEE Publications) transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC/IEEE Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC and IEEE do not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC and IEEE are 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 IEEE or their directors, employees, servants or agents including individual experts and members of technical committees and IEC National Committees, or volunteers of IEEE Societies and the Standards Coordinating Committees of the IEEE Standards Association (IEEE-SA) Standards Board, 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/IEEE Publication or any other IEC or IEEE 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 implementation of this IEC/IEEE Publication may require use of material covered by patent rights. By publication of this standard, no position is taken with respect to the existence or validity of any patent rights in connection therewith. IEC or IEEE shall not be held responsible for identifying Essential Patent Claims for which a license may be required, for conducting inquiries into the legal validity or scope of Patent Claims or determining whether any licensing terms or conditions provided in connection with submission of a Letter of Assurance, if any, or in any licensing agreements are reasonable or non-discriminatory. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any patent rights, and the risk of infringement of such rights, is entirely their own responsibility.

International Standard IEC/IEEE 60780-323 has been prepared by subcommittee 45A: Instrumentation, control and electrical systems of nuclear facilities, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation, in cooperation with the Nuclear Power Engineering Committee of the Power & Energy Society of the IEEE, under the IEC/IEEE Dual Logo Agreement between IEC and IEEE.

This publication is published as an IEC/IEEE Dual Logo standard.

NOTE A list of IEEE participants can be found at the following URL:
http://standards.ieee.org/downloads/60780/60780-323-2016/60780-323-2016_wg-participants.pdf

This new edition cancels and replaces the first edition of IEC 60780, published in 1998. It constitutes a technical revision. It also supersedes IEEE Std 323-2003.

The main technical changes with regard to IEC 60780:1998 are as follows:

- to harmonize in a unique standard qualification practices formerly given by IEC 60780:1998 and IEEE Std 323-2003 on initial qualification,
- to take into account the need to reassess and extend the qualified life of electrical equipment regarding projects to extend the operating life of nuclear facilities.

This revision incorporates current practices and lessons learned from the implementation of previous versions of this standard by the nuclear industry.

Several issues are clarified or changed in this revision:

- This standard defines the methods for equipment qualification when it is desired to qualify equipment for the applications in the environments to which it may be exposed. This standard is generally utilized for qualification of all electrical equipment important to safety in accordance with IAEA terminology. The documentation and test requirements are, however, more rigorous for equipment located in a harsh environment.
- The test margins have been updated to better identify the parameters that achieve test margin on design basis event profiles.
- An important concept in equipment qualification is the recognition that significant degradation could be caused by ageing mechanisms occurring from the environments during the service life, and therefore equipment important to safety should be brought to the end of qualified life (operating ageing) prior to imposing design basis event simulations. Previous versions recognised that the period of time for which acceptable performance was demonstrated is the qualified life. The qualified life does not include the time during or after the accident conditions for which qualification is demonstrated (mission time). The concept of qualified life continues in this revision. This revision also recognises that the condition of the equipment for which acceptable performance was demonstrated is the qualified condition. Thus, new license renewal and life extension options are available by ensuring that qualified equipment continues to remain in a qualified condition.

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

FDIS	Report on voting
45A/1058/FDIS	45A/1075/RVD

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

International standards are drafted in accordance with the rules given in the ISO/IEC Directives, Part 2.

The IEC Technical Committee and IEEE Technical Committee have decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website 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.

INTRODUCTION

a) Technical background, main issues and organisation of the Standard

This standard is applicable to electrical equipment important to safety and its interfaces that are necessary to perform a safety function, or whose failure could adversely affect the safety functions of other equipment.

Electrical equipment in nuclear facilities shall meet its safety functional requirements throughout its installed life. This is accomplished by a thorough programme of quality assurance, design control, quality control, qualification, production, transportation, storage, installation, maintenance, periodic testing, and surveillance. This IEC/IEEE standard specifically focuses on qualification.

Other aspects, relating to quality assurance, reliability, selection and use of electronic devices, design and modification of digital systems including V&V activities are not part of this standard.

Industry research in the area of equipment qualification and decades of its application have greatly benefited this standard. Future activities of the working group to update this standard will consider the following:

- Experience and knowledge gained by using condition monitoring techniques,
- Knowledge gained on ageing mechanisms and kinetics,
- Significance of refinements in ageing mechanisms, equipment sealing, interfaces, extrapolation, similarity, test sequence and parameters (such as ramp rates, time duration, timing of spray initiation and its duration), and qualification documentation.

It is intended that the Standard be used by operators of NPPs (utilities), systems evaluators, equipment manufacturers, test facilities, qualification laboratories and by licensors.

b) Situation of the current standard in the structure of the IEC SC 45A standard series

IEC 61513 is a first level IEC SC 45A document and gives guidance applicable to I&C at system level.

These documents are supplemented by guidance on functional classification (IEC 61226), hardware design (IEC 60987), software (IEC 60880 and IEC 62138), selection and use of HDL programmed integrated circuit (IEC 62566) and requirements in order to reduce the possibility and limit the impact of common cause failure of category A functions (IEC 62340).

IEC/IEEE 60780-323 is a second level IEC SC 45A document which focuses on environmental qualification of electrical equipment important to safety.

For more details on the structure of the IEC SC 45A standard series, see item d) of this introduction.

c) Recommendations and limitations regarding the application of this standard

This dual logo standard applies to all electrical equipment important to safety in accordance with IAEA terminology including Class 1E equipment in accordance with the IEEE classification scheme and Classes 1, 2 and 3 in accordance with IEC 61226 classification scheme.

For equipment that needs to be qualified for design extension conditions, including severe accident conditions, this international standard shall be applied after a new DBE profile covering these conditions has been fully defined. Conservatism taken into account to define this severe accident profile should nevertheless be adapted.

To ensure that the Standard will continue to be relevant in future years, the emphasis has been placed on issues of principle, rather than specific technologies.

d) Description of the structure of the IEC SC 45A standard series and relationships with other IEC documents and other bodies documents (IAEA, ISO)

The top-level document of the IEC SC 45A standard series is IEC 61513. It provides general requirements for I&C systems and equipment that are used to perform functions important to safety in NPPs. IEC 61513 structures the IEC SC 45A standard series.

IEC 61513 refers directly to other IEC SC 45A standards for general topics related to categorisation of functions and classification of systems, qualification, separation of systems, defence against common cause failure, software aspects of computer-based systems, hardware aspects of computer-based systems, and control room design. The standards referenced directly at this second level should be considered together with IEC 61513 as a consistent document set.

At a third level, IEC SC 45A standards not directly referenced by IEC 61513 are standards related to specific equipment, technical methods, or specific activities. Usually these documents, which make reference to second-level documents for general topics, can be used on their own.

A fourth level extending the IEC SC 45A standard series, corresponds to the Technical Reports which are not normative.

IEC 61513 has adopted a presentation format similar to the basic safety publication IEC 61508 with an overall safety life-cycle framework and a system life-cycle framework. Regarding nuclear safety, it provides the interpretation of the general requirements of IEC 61508-1, IEC 61508-2 and IEC 61508-4, for the nuclear application sector, regarding nuclear safety. In this framework IEC 60880 and IEC 62138 correspond to IEC 61508-3 for the nuclear application sector. IEC 61513 refers to ISO as well as to IAEA GS-R-3 and IAEA GS-G-3.1 and IAEA GS-G-3.5 for topics related to quality assurance (QA).

The IEC SC 45A standards series consistently implements and details the principles and basic safety aspects provided in the IAEA code on the safety of NPPs and in the IAEA safety series, in particular the Requirements SSR-2/1, establishing safety requirements related to the design of Nuclear Power Plants, and the Safety Guide SSG-39 dealing with instrumentation and control systems important to safety in Nuclear Power Plants. The terminology and definitions used by SC 45A standards are consistent with those used by the IAEA.

NUCLEAR FACILITIES – ELECTRICAL EQUIPMENT IMPORTANT TO SAFETY – QUALIFICATION

1 Scope and object

This International Standard describes the basic requirements for qualifying electrical equipment important to safety and interfaces (electrical and mechanical) that are to be used in nuclear facilities. The principles, methods, and procedures described are intended to be used for qualifying equipment, maintaining and extending qualification, and updating qualification, as required, if the equipment is modified. The qualification requirements in this standard, when met, demonstrate and document the ability of equipment to perform safety function(s) under applicable service conditions, including design basis events and certain design extension conditions, and reduce the risk of environmentally induced common-cause equipment failure.

This standard does not provide environmental stress levels or performance requirements.

Other aspects, relating to quality assurance, selection and use of electronic devices, design and modification of digital systems are not part of this standard.

Other IEC or IEEE standards that present qualification programmes for specific equipment, specific environments, or specific parts of the qualification programme may be used to supplement this standard, as applicable. The bibliography lists other standards related to equipment qualification.

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 60980, *Recommended practices for seismic qualification of electrical equipment of the safety system for nuclear generating stations*

IEEE Std 344™-2013, *IEEE Standard for Seismic Qualification of Equipment for Nuclear Power Generating Stations*

3 Terms and definitions

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

3.1 age conditioning

process of subjecting equipment or a component to elevated stress conditions (environmental and operational) in order to render its physical and electrical properties similar to those it would have at a predetermined natural age when operating under expected operational conditions, corresponding at least to the qualified life

3.2 ageing

general process in which characteristics of a system or component gradually change with time or use

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2007]

3.3

Class 1E

safety classification of the electrical equipment and systems that are essential to emergency reactor shutdown, containment isolation, reactor core cooling, and containment and reactor heat removal, or are otherwise essential in preventing significant release of radioactive material to the environment

[SOURCE: IEEE Standards Dictionary Online]¹

3.4

common cause failure

failure of two or more structures, systems or components due to a single specific event or cause

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2007]

3.5

components

discrete elements of a system. Examples of components are wires, transistors, integrated circuits, motors, relays, solenoids, pipes, fittings, pumps, tanks and valves

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2007]

3.6

condition-based qualification

qualification based on measurement of one or more condition indicators of equipment, its components, or materials for which an acceptance criterion can be correlated to the equipment's ability to function as specified during an applicable design basis event

[SOURCE: IEEE Standards Dictionary Online]

3.7

condition indicator

characteristic of equipment or its components that can be observed, measured and trended to infer or directly indicate the current and future ability of equipment to function within acceptance criteria in all specified service conditions (including DBE conditions)

3.8

design basis events

postulated events used in the design to establish the acceptable performance requirements for the structures, systems, and components

[SOURCE: IEEE Standards Dictionary Online]

3.9

design extension conditions

accident conditions that are not considered for design basis events, but that are considered in the design process of the facility in accordance with best estimate methodology, and for which releases of radioactive material are kept within acceptable limits. Design extension conditions include severe accident conditions.

¹ IEEE Standards Dictionary Online is available at:
<http://ieeexplore.ieee.org/xpls/dictionary.jsp>

[SOURCE: IAEA Safety Standards Series SSR2/1:2012]

3.10 end condition

value(s) of equipment condition indicator(s) at the conclusion of age conditioning

3.11 equipment

assembly of components designed and manufactured to perform specific functions

Note 1 to entry: Sensors, cables, electrically operated valves, I&C cabinet or racks are examples of equipment.

[SOURCE: IEEE Standards Dictionary Online]

3.12 equipment important to safety

equipment that is part of a safety group and/or whose malfunction or failure could lead to undue radiation exposure of the site personnel or members of the public. Equipment including:

- those structures, systems and components that prevent anticipated operational occurrences from leading to accident conditions;
- those features that are provided to mitigate the consequences of malfunction or failure of structures, systems and components.

A) For usage consistent with IEC 61226, equipment important to safety are as follows:

- all I&C equipment performing Category A to Category C functions (in accordance with the IEC 61226 categorisation scheme),
- all electrical equipment needed to ensure emergency energy supply to this equipment in case of a loss of normal power supply,
- all electrical equipment needed to ensure ultimate energy supply in case of total loss of on-site power (if selected as design extension condition to be mitigated).

B) For usage consistent with other IEEE documents and a Class 1E categorization; for equipment important to safety, qualification is essential to the following:

- electric equipment and systems that are essential to emergency reactor shutdown, containment isolation, reactor core cooling, and containment and reactor heat removal, or
- electric equipment that are otherwise essential in preventing significant release of radioactive material to the environment.

Note 1 to entry: Users of this standard are advised that Class 1E is a functional term. Equipment and systems are to be classified Class 1E only if they fulfill the functions listed in the definition. Identification of systems or equipment as Class 1E based on anything other than their function is an improper use of the term and should be avoided.

3.13 equipment qualification

generation and maintenance of evidence to ensure that equipment will operate on demand to meet system performance requirements during normal and abnormal service conditions and postulated design basis events

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2007]

3.14 equipment similarity

demonstration of physical, operational and dynamic equivalency between equipment being qualified and equipment previously qualified

3.15

harsh environment

environment that significantly changes as a result of a design basis event, e.g., loss-of-coolant accident (LOCA), high-energy line break (HELB), and main steam line break (MSLB)

[SOURCE: IEEE Standards Dictionary Online]

3.16

interfaces

shared boundary between structures, systems and components that includes physical attachments, mounting, auxiliary components, and connectors (electrical and mechanical) to the equipment

3.17

margin

difference between service conditions and the conditions used for equipment qualification

[SOURCE: IEEE Standards Dictionary Online]

3.18

mild environment

environment that would at no time be significantly more severe than the environment that would occur during normal plant operation, including anticipated operational occurrences

3.19

qualified condition

condition of equipment, prior to the start of a design basis event, for which the equipment was demonstrated to meet the design requirements for the specified service conditions. This could include certain post accident cooling and monitoring systems that are expected to remain operational.

3.20

qualified life

period for which an equipment has been demonstrated, through testing, analysis and/or experience, to be capable of functioning within acceptance criteria during specific operating conditions while retaining the ability to perform its safety functions in accident condition or earthquake

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2007]

3.21

service conditions

actual physical states or influences during the service life of equipment, including normal operating conditions, abnormal operating conditions, design basis event conditions and conditions following a design basis event and design extension conditions

Note 1 to entry: In 2007-edition of IAEA safety glossary, accident conditions include both design basis accident and beyond design basis accident. This second notion has been replaced within IAEA by the notion of design extension conditions (AIEA, SSR-2/1). It explains the need of changing the definition.

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2007, modified]

3.22

service life

period from initial operation to final withdrawal from service of a structure, system or component

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2007]

3.23

severe accident

accident conditions more severe than a design basis event and involving significant core degradation

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2007]

3.24

significant ageing mechanism

ageing mechanism that, under normal and abnormal service conditions, causes degradation of equipment that progressively and appreciably renders the equipment vulnerable to failure to perform its safety function(s) during the design basis event conditions

[SOURCE: IEEE Standards Dictionary Online]

4 Symbols and abbreviations

DBE	Design Basis Event
EM	Electromagnetic
EMC	Electromagnetic Compatibility
EMI	Electromagnetic Interference
HELB	High Energy Line Break
I&C	Instrumentation and Control
LOCA	Loss of Coolant Accident
MSLB	Main Steam Line Break
NPP	Nuclear Power Plant
RFI	Radio Frequency Interference

5 Principles of equipment qualification

5.1 Qualification objective

The primary objective of qualification is to demonstrate with reasonable assurance that equipment important to safety can perform its safety function(s) without experiencing common-cause failures before, during, and after applicable DBE.

Equipment important to safety, including its interfaces, shall meet or exceed the equipment specification requirements. This continued capability is ensured through a programme that includes, but is not limited to, design control, quality control, qualification, installation, maintenance, periodic testing, and surveillance. The focus of this standard is on qualification, although it affects the other parts of the programme.

For all items of equipment required to operate under design extension conditions, demonstrable evidence shall be provided that it is able to perform its function(s) under the applicable service conditions including design extension conditions.

Equipment located in normal and mild environments shall be specified, designed, and selected to perform their functions in their intended service conditions including anticipated operational occurrences. Requirements, including EMC, environmental/operational ageing and seismic requirements shall be specified in the design/purchase specifications.

A maintenance/surveillance programme based on a vendor's recommendations, which may be supplemented with operating experience, should ensure that equipment meets the specified performance requirements. A qualified life is not required for equipment located in a mild environment and which has no significant ageing mechanisms and is operated within the limits established by applicable specifications and standards. Qualification for equipment located in mild environments shall be demonstrated by providing evidence that equipment meets or exceeds the specified requirements, including those of recognized industry associations. When seismic testing is used to qualify equipment located in a mild environment, pre-ageing prior to the seismic tests is required only where significant ageing mechanisms exist (see 7.3.3).

5.2 Qualified life and qualified condition

Degradation with time followed by exposure to the applicable environmental extremes of temperature, pressure, humidity, radiation, vibration, chemical spray and submergence resulting from a DBE condition can precipitate failures of equipment important to safety. For this reason, it is necessary to establish a qualified life for equipment with significant ageing mechanisms. The qualified life determination shall consider degradation of equipment capability prior to, during and in post-accident conditions as applicable. Inherent in establishing a qualified life is that a qualified condition is also established. This qualified condition is the state of degradation for which successful performance during a subsequent DBE was demonstrated.

A qualified life is established in initial qualification by putting test sample(s) in the state of degradation expected at the end of the qualified life, followed by simulated DBE(s) in which the ability of the equipment to perform its function important to safety is demonstrated.

Adjustment and extension of qualified life of existing equipment may be achieved through the use of different techniques. These techniques are further described in 6.2.

5.3 Qualification elements

The preferred approach is qualification by type-testing. Other methods as described in 7.4.3 and 7.4.4 are also applicable.

Essential elements needed to demonstrate equipment qualification shall include the following:

- equipment specification including the required safety function(s),
- acceptance criteria,
- description of the service conditions, including DBEs and their duration,
- qualification programme plan,
- implementation of the plan,
- documentation demonstrating successful qualification.

5.4 Qualification documentation

The result of a qualification programme shall be documented to demonstrate the ability of equipment to perform its safety function(s) during its qualified life and applicable design basis events. All activities that are required to maintain qualification during the qualified life shall be included in the documentation. The documentation shall allow verification by competent personnel, other than the qualifier, that the equipment is qualified.

6 Qualification methods

6.1 Initial qualification

6.1.1 Type testing

A type test subjects a representative sample of equipment, including its interfaces, to a series of tests, simulating the effects of significant ageing mechanisms during normal operation. Equipment qualification testing shall be performed with equipment functioning in a state representative of its intended use in actual operation (including any software). The equipment is subsequently subjected to DBE's testing that simulates and thereby establishes the tested configuration for installed equipment service, including mounting, orientation, interfaces, conduit sealing, and expected environments. A successful type test demonstrates that the equipment at the end of its qualified life can perform the intended safety function(s) for the required operating time before, during, and/or following the DBE.

6.1.2 Operating experience

When qualification for mild environment is required, performance data from equipment of similar design that has successfully operated under known service conditions may be used in qualifying other equipment to equal or less severe conditions. Applicability of this data depends on the adequacy of documentation establishing past service conditions, equipment performance, and similarity against the equipment to be qualified. A demonstration of required operation during applicable design basis event(s) shall be included in equipment qualification programs based on operating experience, when DBE qualification is required.

6.1.3 Analysis

Analysis of data and tests for material properties, equipment rating, and environmental tolerance may be used to supplement the demonstration of qualification; however analysis alone shall not be used to demonstrate qualification. Qualification should comprise a logical assessment, similarity evaluation or a valid mathematical model of the equipment to be qualified. The bases for analysis typically include physical laws, results of test data (including those collected during type test performed on equipment from the plant see 6.2.3 and condition measurement) and operating experience.

6.1.4 Combined methods

Equipment may be qualified by combinations of type test, operating experience, and analysis. For example, where type test of a complete assembly is not possible, component testing supplemented by analysis may be used.

6.2 Reassessing qualified life

6.2.1 General

Environmental qualification may yield a qualified life that is less than the anticipated service life of the equipment. For example, the qualified life may be limited due to the use of moderate ageing acceleration factors to achieve realistic simulation of degradation in service during available testing time. Such moderate ageing acceleration factors may result in the condition of the equipment under test falling short of its required end-of-life condition and hence limiting service life.

The methods that follow may be used for reassessing and extending equipment qualified life. The method chosen shall be justified and the application shall be sufficiently documented to give confidence in the extended qualified life.

6.2.2 Method 1: Using conservatism

Evaluation of conservatisms in original assumptions for environmental conditions, failure criteria, and acceleration factors may identify that actual conditions are less severe, and the qualified life may be adjusted accordingly with due consideration of the required margins addressed in 7.3.5. Limitations of use of accelerating factors shall be considered (e.g. time period extrapolation, synergy between effect of temperature and radiation, dose rate effect). Ageing models shall be properly verified. Environmental conditions shall be properly assessed.

6.2.3 Method 2: Type test on aged samples from the plant

Install additional qualified equipment in identical service conditions or use qualified equipment aged in the plant. Remove before the end of the qualified life of equipment in-service and demonstrate its safety function performance during DBE(s) after further age conditioning to establish additional qualified life.

6.2.4 Method 3: Performing type test for longer qualified life

A longer qualified life can be achieved by either retain and continue ageing the test sample from the initial program for additional duration or begin ageing a new sample while the qualified equipment is in service. Equipment safety function is then demonstrated by successfully passing accident condition test.

6.2.5 Method 4: Component replacement

Identify age-sensitive components and replace them with new, identical components to extend qualification. Consideration shall be given to time required to have the component accessible for the replacement.

This method shall not be used if the disassembly of the equipment can alter its performance in service conditions (including accident conditions).

6.3 Condition monitoring

Condition monitoring for equipment qualification purposes monitors one or more condition indicators to determine whether equipment remains in a qualified condition. The trend of the condition indicator shall be determined during age conditioning of the test specimen for qualification testing or on another similar specimen (same model, same materials, same supplier, same hardware/software, etc.) submitted to the same age conditioning tests.

The condition indicator shall be measurable, change monotonically with time, be correlated with the safety function performance under DBE conditions, be linked to the functional degradation of the qualified equipment, and have a consistent trend from unaged through the limit of the qualified pre-accident condition.

Condition indicators are dependent on technology. Such condition indicators cannot always be defined in practice, even if such indicators would be beneficial.

Condition-based qualification is an adjunct to type testing.

To use condition-based qualification, age conditioning shall be performed incrementally and condition indicators shall be measured at each increment to establish data for comparison with observations of the same indicators during service. In particular, it is required to establish the condition of the condition indicator(s) at the conclusion of age conditioning, prior to testing to accident conditions. If the qualification programme has been completed, age conditioning may be replicated on another sample by performing incremental condition indicator measurements. Since measurements for condition indicators may be taken at one temperature, additional data may be required to provide a correlation with time and temperature. Condition indicators shall be leading indicators of adverse change in condition

directly related to the ability of equipment to function and directly related to the degree of ageing performed in the programme. Measured changes shall allow distinguishing the degree of ageing and shall be consistent enough to establish a qualified condition. The method used and performance of condition monitoring shall provide for high accuracy and reproducibility. If condition data is taken during type testing, the user may choose whether to base qualification on qualified life from the traditional methodology or on condition-based results. When condition-based qualification is used, the equipment remains qualified until it reaches a point prior to the end condition that takes into account margin.

Condition monitoring shall be performed during the whole operating life by adapting periodicity. As the qualified equipment approaches the qualified condition, periodic condition monitoring may be implemented at an increased rate to determine if actual ageing is occurring at a slower rate, and if further qualified service is possible based on the condition monitoring results.

The documentation for condition-based qualification shall contain a full description of the test methods, limitations on use of the results, and the age conditioning methods used.

NOTE Methods for condition monitoring of electrical equipment important to safety in nuclear power plants are available in the IEC/IEEE 62582 series of standards.

7 Qualification program

7.1 General

The essential programme elements are described in 5.3. This clause provides additional details for these elements.

7.2 Equipment specification

7.2.1 General

Equipment specification documentation shall provide essential information about the equipment to be qualified. At a minimum, it shall contain the items specified in 7.2.2, 7.2.3, 7.2.4, 7.2.5, and 7.2.6. The documentation shall include a statement of the acceptance criteria.

7.2.2 Equipment identification

A technical description of the equipment to be qualified, including applicable performance and qualification standards, shall be provided. The description shall identify the equipment and its internal design as comprehensively as necessary and shall include required performance of the device. It shall be detailed enough to allow evaluation of the identity between the equipment which has been type tested and the installed equipment. The drawings, bill of material and details that precisely explain the components/assembly, instructions, manual, etc., shall be part of the identification details.

7.2.3 Interfaces

The interface between the electrical (seals, gaskets, penetrations) and mechanical connections shall be specified. Interfaces between electrical or mechanical equipment (e.g., mechanical coupling between a motor or valve, or electrical link between interconnected electrical equipment) shall also be considered.

Loadings at interfaces [e.g., physical attachments, mounting, auxiliary components, connectors (electrical and mechanical) to the equipment at the equipment boundary] shall be specified. Motive power or control signal inputs and outputs, and the physical manner by which they are supplied (e.g., connectors, terminal blocks), shall be specified. Control, indicating, and other auxiliary components mounted internal or external to the equipment and

required for proper operation shall be included. Material incompatibilities at interfaces shall be considered and evaluated.

7.2.4 Qualified life objective

The equipment qualified life objective of the programme shall be stated.

7.2.5 Safety function(s)

The equipment specification shall identify the equipment's safety function(s) including the required operating times (duration and number of cycles of operation).

Components not involved in the equipment's safety function(s) may be excluded from the qualification process if it can be demonstrated and documented that assumed failures, including spurious operation, have no adverse effect on any and all safety functions, have no adverse effect on the safety function of interfaced equipment, would not mislead an operator, and shall not fail in a manner as to fail other electrical equipment important to safety.

Operational performance requirements under normal, abnormal and accident conditions shall be specified. If bounding requirements are not used, the performance requirements shall be specified with respect to the location(s) in the plant where equipment will be installed. These performance characteristics may include the range of voltage, frequency, load, output accuracy and stability, response time, electromagnetic interference and other electrical characteristics, such as insulation resistance, and dielectric withstand. If the equipment specification includes design provisions, they shall be identified.

7.2.6 Service conditions

7.2.6.1 Normal and abnormal service conditions

The service conditions for the equipment shall be specified. These conditions shall include the nominal values and their expected durations, as well as extreme values and their expected durations. Examples include, but are not limited to the following:

- a) ambient pressure and temperature,
- b) relative humidity,
- c) radiation environment,
- d) seismic and non-seismic vibration,
- e) operating cycles,
- f) electrical loading and signals (voltage/current and frequency variations),
- g) condensation, chemical spray, and submergence,
- h) EMI/RFI and power surges.

7.2.6.2 Design basis event conditions

The postulated DBE conditions including specified high-energy line break, loss-of-coolant accident, main steam line break, and/or seismic events taken into account for plant design, during or after which the equipment is required to perform its safety function(s), shall be specified. Equipment shall be qualified for the duration of its operational performance requirement for each applicable DBE condition, including any required post DBE operation period.

7.2.6.3 Design extension conditions

Some equipment needs to be qualified for conditions that are beyond design basis of the plant (e.g., extended station black out, extreme natural hazards, and severe accident). For such equipment plant specific accident profile may be used for component specific qualification requirements.

Design bases and design extension conditions should be periodically reassessed in response to events in the region, shared international experience or other findings.

To account for these new situations, the following shall be addressed:

- identify changes in the plant design needed to limit the consequence of these situations on equipment,
- justify that the existing qualification programme covers new requirements or, if it is not the case, perform the qualification programme for addressing the change in the anticipated environments.

7.2.6.4 Electromagnetic conditions

The electromagnetic conditions at the point of installation for equipment important to safety shall be specified before defining a type test program. This specification should include sufficient provisions by the plant designer taking into account EMI/RFI sources. Verification that EM conditions are less severe than those specified shall be a part of commissioning activities. Special attention shall be paid during commissioning activities in case of replacement of equipment/component considering existing EM-constraints.

7.3 Qualification programme plan

7.3.1 General

A qualification programme plan shall define tests, inspections, performance evaluation, acceptance criteria and/or analysis to demonstrate that, when called upon, the equipment can perform its specified safety function(s).

7.3.2 Ageing

The ability of equipment important to safety to perform its safety function(s) may be affected by changes due to environmental and operational conditions over time. The qualification programme shall specifically address effects of ageing to evaluate their significance. The techniques available to address the effects of ageing include operating experience, testing, analysis, in-service surveillance, condition monitoring, and maintenance activities.

The following ageing factors shall be considered:

- thermal (temperature and variation in temperature);
- moisture (humidity level, condensation, submergence and corrosive environment);
- radiation representative of cumulative dose to which the equipment would be subjected during its intended service life;
- mechanical (e.g. opening/closing cycles of motor operated valves or solenoid actuators, shocks due to anticipated operational occurrence, vibration);
- electrical (electrical loads and their variations over time including transients such as impulse voltages, condition of use device during its intended service life such as number of trips during operating life and electrical cycling).

7.3.3 Significant ageing mechanisms

Equipment design, function, materials, and environment for its specified application shall be reviewed to identify potentially significant ageing mechanisms. An ageing mechanism is significant if subsequent to manufacture, while in storage, and/or in the normal and abnormal service environment, it results in degradation of the equipment that progressively and appreciably renders the equipment vulnerable to failure to perform its safety function(s) under accident conditions. Examples of significant ageing mechanisms include mechanical wear, oxidation and degradation of material properties.

If the equipment is determined to have a significant ageing mechanism, then the mechanism shall be accounted for in the qualification program. Ageing, as part of the qualification program, may be addressed by age conditioning of a test sample prior to design basis event testing.

Age conditioning is not required for equipment not subject to significant ageing mechanisms.

7.3.4 Qualified life objective

The qualified life objective shall be based on a specified set of service conditions. Pre-service conditions shall be considered if significant ageing occurs before equipment is placed into service. Qualified life can be demonstrated by age conditioning a test sample to simulate effects of significant ageing mechanisms during a time equal to the qualified life objective. An adjunct to establishing a qualified life objective is to establish an end-condition objective (as described in 6.3) of equipment condition indicators that correlate to the ability of equipment to perform its safety function. In this case, the end condition with margin is the basis of qualification, and the time to reach that end condition in service may be more or less than the qualified life established by age conditioning based on the actual service conditions.

7.3.5 Service condition margin

Margin shall be included in the qualification program. This will account for possible uncertainties in demonstrating satisfactory performance and normal variations in commercial production and uncertainties in measurement and test equipment, thereby providing assurance that the equipment can perform under adverse service conditions. Increasing the severity of test parameter values, number of tests, or test duration (but not necessarily all at the same time) are acceptable methods of adding margin in testing. If the specified service conditions contain the requisite margins, no additional margin is needed. Guidance for margin in DBE testing is provided in 7.4.1.7.

These margins are to be preserved while utilising the provisions of 6.2 for reassessing qualified life.

7.3.6 Maintenance

Periodic maintenance or replacement required during the ageing portion of the qualification programme shall be identified.

Maintenance may contribute to ageing (e.g. exercising equipment during maintenance activity). Preventive maintenance schedules during the installed life of the equipment (including lubricants, seals, etc.) shall be included, when they are essential to maintaining qualification.

7.3.7 Acceptance criteria

The value(s) of performance parameters and other criteria to demonstrate that equipment can perform the safety function(s) shall be identified.

7.4 Qualification programme implementation

7.4.1 Type testing

7.4.1.1 General

The type test shall demonstrate that equipment important to safety meets or exceeds the safety function requirements. Type test conditions shall meet or exceed specified service conditions. Appropriate margin shall be added to DBE parameters (see 7.4.1.7) if not otherwise included in the specified service conditions.

7.4.1.2 Test plan

The test plan describes the required tests and shall include the following:

- a) equipment description, quantity, basis for selection of the sample(s) to be tested including significant information such as manufacturer, model(s), hardware/software version (for programmable components) and serial numbers to uniquely identify the sample;
- b) equipment safety function(s) to be demonstrated and qualified life objective;
- c) mounting, connection, and other interface requirements;
- d) test sequence and the justification of the selected sequence;
- e) age conditioning procedure, including condition monitoring during age conditioning if required;
- f) specified service conditions and margins or test levels;
- g) performance and environmental conditions to be measured, including measurement accuracy;
- h) operating conditions and measurement sequence in detail, including monitoring requirements;
- i) general acceptance criteria (ultimate acceptance criteria are plant-specific based on application of the equipment);
- j) maintenance/replacement of component during age conditioning, if required;
- k) provisions for control of modifications during tests;
- l) required documentation;
- m) quality assurance requirements.

7.4.1.3 Simulated test profiles

Sufficient environmental data shall be provided by plant designer to allow the simulation of the DBE environmental qualification profile for the equipment being qualified. The test profile may be a single event or a profile that envelops multiple DBEs.

7.4.1.4 Mounting

Equipment shall be mounted in a manner and a position that simulates its expected installation. If several positions are possible, the worst case position shall be chosen. Any mounting limitations, (e.g., orientation) shall be specified in the test report. Qualification of equipment mounted in other than the tested configuration requires analysis showing that equipment performance is not degraded by any alternate type of mounting.

7.4.1.5 Connections

Equipment shall be connected (both mechanically and electrically) in a manner that simulates its expected installation. Qualification of equipment connected in other than the tested manner requires analysis showing that performance is not degraded by the differing connections.

7.4.1.6 Monitoring

During testing, both the test environment and the equipment's safety function(s) shall be monitored using equipment that provides accuracy and resolution for detecting meaningful changes in the parameters. Where applicable, measurements are environment, electrical, fluid, mechanical characteristics, radiological features, and any auxiliary features, such as the functions of any switches and feedback components, which provide input to other equipment important to safety. Data acquisition equipment, as appropriate, shall be calibrated against standards traceable to nationally and/or internationally recognised standards and shall have documentation to support such calibration. Measurement intervals shall be chosen to obtain the time dependence of each parameter.

Measurements performed during type testing shall be used to demonstrate acceptability of safety function(s) and to track relevant changes in the characteristics and degradation of the equipment occurring during the test program.

7.4.1.7 Margin for test profile

The following margins are recommended to apply to DBE service conditions and do not apply to age conditioning (Table 1). Alternate margin values may be acceptable if properly justified.

Table 1 – Minimal test margins recommended for DBEs

Parameter	Margin	Comment
Temperature	+8 °C	Applied to peak temperature
Pressure	+10 %	Applied to peak gauge pressure profile NOTE Margin on temperature and pressure shall take into account dependence of these parameters for saturated steam.
Total radiation dose	+10 %	Applied to accident radiation dose
Electrical characteristic	±10 % ±5 %	Power supply voltage – margin added up to equipment design limits Line frequency – margin added to rated value
Equipment operating time	+10 %	Percentage value of the period of time the equipment is required to operate following the start of the event
Seismic vibration	+10 %	Value added to the seismic acceleration requirements at the mounting point of the equipment

7.4.1.8 Test sequence

The steps in type testing shall be completed in a sequence that places the sample in the worst state of degradation expected in service during the qualified life, prior to application of DBEs. All steps in the sequence, except EMI/RFI tests and operational test under limit conditions (7.4.1.8.c), shall be performed on the same test sample.

Qualification testing of programmable equipment shall be performed with the equipment functioning using configuration (including software and diagnostic tools) representative of those in actual operation, while the system is subjected to the specified environmental conditions. All portions of the programmed equipment necessary to accomplish safety functions or whose failure could impair safety functions should be exercised during testing. A representative configuration of the computer-based system shall be subjected to type testing. Testing of the whole computer-based equipment is preferred. When testing as a whole is not practical, testing of individual modules shall include analysis of the cumulative effects of environmental and operational stress and the dynamic response of the I&C system to the most limiting environmental and operational conditions.

The test sample shall be representative of the same design, materials, and manufacturing process as the equipment to be installed. The consistency in the product line shall be maintained through a nationally recognised quality assurance program. The following steps shall be followed:

- a) Inspection shall identify the test sample and ensure that it is as specified and not damaged.
- b) Specified functional tests shall be performed under normal conditions.
- c) The test sample shall be operated to the extremes of all performance, operating, surge voltages, and electrical characteristics given in the equipment specifications

unless these data are available from other tests (e.g., design verification tests) on identical or similar equipment.

NOTE 1 Information on susceptibility testing for EMI/RFI and surge voltages is given in IEEE Std 603, and IEC 62003. For convenience, EMI/RFI susceptibility testing and operational test under extreme conditions may be performed on a separate test specimen.

- d) When required, the test sample shall be age conditioned to simulate its functional capability at the end of its qualified life. Measurements made during, or functional tests following, age conditioning can verify that the test sample is performing satisfactorily prior to subsequent testing. If condition monitoring is to be used in service, measurements during and after age conditioning would establish the qualified end condition. The test sample shall be subjected to all significant ageing mechanisms, including mechanical vibration.

If the qualification programme is establishing a qualified life only, normal and DBE radiation may be combined in age conditioning provided the threshold for homogenous changes in age-conditioning is recognised. However, if condition monitoring is contemplated, an accurate end condition is needed after age conditioning which only includes normal radiation.

- e) If seismic qualification is required, the test sample shall be subjected to simulated seismic vibration corresponding to postulated earthquake conditions during the operating life of the plant in accordance with IEEE Std 344 or IEC 60980.

NOTE 2 A seismic event is not assumed to occur in conjunction with a loss-of-coolant accident. Rather, the sequence described previously has been developed as the basis of a conservative qualification, not one indicative of a sequence of expected plant events.

- f) The test sample shall perform its required safety function(s) while exposed to simulated accident conditions, including conditions following the accident for the period of required equipment operation. Accident radiation may have been included in step d). Safety function performance during testing shall be monitored. Note that safety function(s) can be different in different stages of an accident.
- g) Post-test inspection shall be performed on the test sample, and all findings shall be recorded.

7.4.1.9 Ageing

7.4.1.9.1 General

The assessment of equipment ageing effects in connection with a type test programme is required to determine if ageing has a significant effect on the ability of the equipment to perform its safety function. The types of ageing include, but are not necessarily limited to, thermal, radiation, moisture, wear, and vibration. The assessment shall identify potentially significant ageing mechanisms related to equipment performance for the design basis events under consideration. Where significant ageing mechanisms are identified, suitable age conditioning shall be included in the type test.

7.4.1.9.2 Natural ageing

Use of a naturally-aged test sample is an age conditioning method that avoids the need to identify significant ageing mechanisms. Naturally-aged equipment may be used for type testing provided that:

- Equipment has been operated under service, loading, and environmental conditions at least as severe as those that apply to the intended application, and sufficient documentation exists.
- Operating and maintenance/replacement records are available.

For equipment located in mild environment applications, natural ageing may be supplemented by analysis or age conditioning, or both, to account for differences between the specified service and the natural ageing conditions to justify the qualified life of the sample.

7.4.1.9.3 Age conditioning

Age conditioning is a process that replicates in a test sample, as accurately as possible, the degradation of equipment over a period of time due to significant ageing mechanisms. This process involves applying simulated in-service stresses, typically thermal, moisture, radiation, wear and vibration at magnitudes or rates that are more severe than expected in-service levels, but less severe than levels that cause ageing mechanisms not present in normal service.

It is the intent of the age conditioning process to put the test sample in the worst state of degradation that it would experience during the qualified life, prior to the DBE. The sequence of age conditioning should consider sequential, simultaneous, and synergistic effects in order to achieve the worst state of degradation expected. When condition-based qualification is employed, condition indicator measurements should be performed at the beginning, during, and the end of age conditioning in order to document that the trend of the condition indicator is monotonically changing.

Arrhenius methodology is an acceptable method for accelerating time-temperature ageing effects during type testing. Thermal ageing considering the life time under the maximum temperatures during normal operation shall be performed based on applicable laws describing the thermal degeneration process of the components of the equipment. The selection of the model, the definition of the aging parameters as well as the performance of the thermal aging test shall be described and justified in the test plan. Limits of used materials and possible acceleration effects shall be identified and taken into account when selecting test parameters for thermal ageing. It is not acceptable to exceed temperatures causing qualitative changes in the physical properties and chemical properties.

Dose rate acceleration, within equipment limits, is an acceptable method for accelerating radiation degradation effects. The dose rate for radiation ageing should be as low as can be accommodated within reasonable cost and schedule. Information on condition monitoring and ageing assessment can be found in IEEE Std 1205-2014, IEC 62342 and IEC/IEEE 62582-1. Radiation ageing shall be performed on all materials and components for which radiation causes significant ageing. Semi-conductor and polymer should be considered to be sensitive to both radiation dose rate and heating. The use of programmable devices in reactor containment is generally avoided due to their sensitivity to radiation.

Should the physical size of the equipment be too great for the available irradiation facility to handle, it is permissible for the radiation-sensitive components to be removed from the equipment and aged as individual equipment (before reassembling it) if the components are held in appropriate fixtures representative of material content and configuration to simulate actual service conditions. This shall be subject to the purchaser's acceptance and properly justified regarding interfaces of component and condition of use (self-heating, etc.).

When determining the radiation dose and dose rate for radiation ageing, or temperature for thermal ageing, oxidation and gaseous diffusion effects should be taken into account. For radiation ageing, it is always better to apply a total dose higher than the dose corresponding to the expected service life, so as to obtain a margin taking all these elements into account.

Accurate acceleration of ageing depends on detailed knowledge of the factors which influence equipment and of the synergies which take place between influence quantities. It also requires correct assessment of the dominant ageing processes in any particular case. This means that the selection of ageing tests can be difficult and that attempts to achieve large accelerations contain significant risk of error. The risk of overestimation of qualified life or qualified condition due to diffusion limited oxidation effects of application of excessive temperatures or dose rates depends on the materials involved. Thus, the need for compensation by conservatism in the selection of total radiation dose and calculation of qualified life and margins in qualified condition is material dependent.

Limiting gaseous diffusion at high dose rates and temperature can influence the oxidation of internal parts of materials and components. This should be considered in establishment of qualified life and qualified condition.

Possible synergies should be considered. Tests bringing into effect simultaneously the combination of ageing environmental conditions shall take measures to verify that the acceleration of the tests, compared with actual operating conditions, does not alter the effects due to the combination. Sequential ageing tests, each of which brings into effect only one of the simulated ageing conditions involved, shall be performed in a conservative sequence which maximizes the ageing effect.

Equipment important to safety shall be operationally cycled to simulate expected mechanical and electrical ageing of the components to be tested. Operational cycling shall be performed prior to seismic testing for equipment determined during the design process to have significant mechanical and/or electrical ageing mechanisms. The wear ageing should be performed under expected electrical load unless otherwise justified. Equipment and components whose seismic capabilities may be degraded due to wear ageing shall be identified and their replacement interval specified in the qualification documentation.

Non-seismic vibration, which may produce significant degradation (e.g., fatigue, wear) during normal and abnormal use, shall be taken into account in the age conditioning sequence prior to the seismic tests. Vibration to be considered includes self-induced vibration, vibration from piping, pumps, and motors and other vibration such as hydrodynamic loading.

During age conditioning the equipment should be energised as in normal conditions of operation and periodically checked. If equipment is not continuously energised, it shall be justified that the thermal heating of equipment due to being energised is taken into account and that adequate design precautions have been taken to limit thermal heating.

7.4.1.10 Accident conditions tests

Test under accident conditions shall be performed on aged test sample(s). Equipment shall be subjected to a profile that envelopes plant specific or generic design bases for LOCA, HELB and MSLB as applicable. An alternate accident profile may be required for qualification under design extension conditions.

It is permitted to simulate an accident by performing separate sequential tests on the same sample, respecting the following order:

- those natural or external phenomena and hazards considered as DBE (e.g., earthquake, airplane crash);
- accident radiation (unless previously performed during radiation ageing);
- DBE Thermodynamic simulation by injection of pressurized steam and chemical spray when required;
- post-DBE conditions (temperature, pressure, humidity, chemical spray, submergence, and associated duration as applicable).

During DBE and post-DBE testing the equipment shall be representatively energised and monitored to demonstrate the ability of the equipment to perform its specified safety function(s). Chemical test conditions shall also be determined. Possible sources of chemicals include reactor coolant and containment spray as applicable.

A double peak test profile (with the same DBE temperature profile magnitude) is not required but may be used instead of one peak profile to increase the severity of the DBE test. The use of double peak test profile enveloping all service condition profiles is an acceptable approach as long as appropriate margins are already included in DBE service conditions as required in 7.4.1.7.

7.4.1.11 Acceptance criteria

It shall be demonstrated that equipment can adequately perform its safety function(s) under the identified service conditions (normal, abnormal, accident).

Qualification is obtained when equipment is successful in compliance with its acceptance criteria based on the measurements and inspections taken throughout the test program. Test and analysis results shall be documented in an auditable manner.

Any failure to meet the acceptance criteria shall be analysed to determine the impact on qualification, compensating measures, or potential modification(s) needed to the equipment or the limitation(s) that shall be imposed on its use.

7.4.1.12 Inspection

Inspections shall be performed at the beginning and throughout the test sequence to ensure that the test sample(s) are not damaged due to transportation and handling and to verify compliance with the specifications. Appropriate precautions should be taken if disassembly is required for proper inspection. Description of physical condition of equipment shall be included in the qualification documentation. The condition of electrical insulation, mechanical parts, bearings, lubricants, electrical contacts, wiring, gear drive trains, linkages and other related constituents shall be recorded.

Upon completion of type testing, the equipment shall be visually inspected, including disassembly when required, and a description of its physical condition and verification of performance condition shall be included in the qualification documentation.

7.4.2 Operating experience

7.4.2.1 General

Portions or all of an equipment qualification programme may be satisfied by documented operating experience. Equipment can be considered for qualification if the same or similar equipment has functioned successfully under service conditions at least as severe as those postulated for the new application. If the operating experience data do not encompass the entire qualified life objective additional testing of the equipment is required. The similarity of the equipment in service to the equipment designated for a new application shall be established. Differences between the service conditions and differences between equipment shall be evaluated and justified. Documentation shall include the results of measurement or determination of performance characteristics required in the equipment qualification program, test records, and analyses of failures. Trends that have occurred during the operating period and a description of periodic maintenance (including adjustments, modifications, and calibration) and inspections shall be included. The documentation shall also include physical locations and mounting arrangements of the equipment in the operating facilities.

7.4.2.2 Operating history

The auditable operating history data to be used to establish operating experience based qualification shall consist of the following:

- a) Verification that equipment with operating experience is the same as the equipment to be qualified, or that the differences do not unacceptably reduce equipment capability to perform the safety function(s).
- b) A record establishing that equipment with operating experience has been exposed to levels of environment and service conditions at least as severe as those for which the equipment being qualified is required to function and that the equipment satisfactorily performed the function(s) required.

7.4.2.3 Qualification with operating experience

Operating experience may be the primary basis for qualification only if the qualification documentation includes auditable data demonstrating that the equipment has satisfactorily performed its safety function(s) during conditions at least as severe as the specified normal, abnormal, and accident service conditions plus appropriate margin. Use of operating experience data from equipment performing non-safety functions may also be acceptable if adequately justified. The qualified life determination shall evaluate the time that the equipment operated under normal and abnormal service condition levels prior to the occurrence of the DBE (if the DBE is simulated, type test requirements apply to the testing). The duration of the qualified life for the equipment being qualified shall be based on the analysis of the conditions of the operating history equipment in relation to the conditions of service for the qualified equipment.

7.4.3 Qualification with analysis

Analysis methods may be used to supplement the demonstration of qualification. Analytical techniques are limited for many types of equipment, and analysis supplemented by test data or operating experience is usually needed for a comprehensive qualification program. The technique used shall be justified.

Extrapolation and interpolation are analytical techniques that may be used to qualify equipment by extending the application of test data. Extrapolation or interpolation of a service condition requires analysis using established physical principles. It consists of demonstrating successful performance at a specified service condition to a different service condition.

Equipment similarity is the demonstration of equivalency between equipment being qualified and equipment previously qualified. Qualification of equipment is justified by providing this demonstration and through applying results of type tests performed on the similar equipment. Similar equipment shall be designed and manufactured by the same organization under a recognised quality assurance program. When significant differences exist, it may not be possible to demonstrate similarity by analysis.

For equipment similarity to be established, the following requirements shall be met, as a minimum:

- Materials of construction, design, manufacturing processes and mechanical and electrical function shall be the same or equivalent. Differences shall be shown to not adversely affect performance of the safety function(s) nor introduce new mechanisms for malfunction.
- Physical size may vary if the basic configuration remains the same and dimensions are related by known scale factors. Consideration shall be taken of such factors as thermal effects of different surface areas, thinner or scaled down components and seismic effects of different masses, centre of gravity and modal response.
- The equipment form shall be the same or similar (subject to restrictions of size), and any differences shown shall not adversely affect the performance of safety function(s) for all service conditions (including accident conditions).
- Service and operating conditions (normal, abnormal, and accident) on the new equipment shall be equal to or less than those of the previously qualified equipment.
- Installation, including, but not limited to, mounting, interfaces, seals, and electrical connections, shall be determined to be the same or suitable justification shall be provided if there are differences.
- The ageing mechanisms that apply to the equipment encompass those that apply to the similar equipment.
- The function(s) important to safety shall be the same (e.g., activate to operate or deactivate to operate).

7.4.4 Modifications

Modifications to the equipment or to the qualification basis made during or after completion of the qualification programme shall be evaluated to determine whether additional qualification steps are required. Modifications to the equipment include changes in its design, materials, manufacturing process, clearances, lubricant, or mounting conditions. Any modification to equipment shall be traced in a unique document referencing justification of acceptance regarding qualification issue. Modifications to the qualification bases include changes in the equipment's safety function(s), acceptance criteria, dielectric stress levels, mechanical stresses, postulated service conditions, or plant life extensions. Any change in design shall be done with respect to system, hardware and software verification and validation process regarding existing nuclear standards and with respect to safety classification of equipment.

If the evaluation concludes that additional qualification steps are not required, the evaluation, including supporting information, shall be included in the qualification documentation. Otherwise, steps shall be taken to verify and document that modified equipment is qualified. Corresponding evidences (e.g. result of complementary tests, analysis) shall be added to the original qualification documentation.

8 Documentation

8.1 General

The documentation shall be retained throughout the qualified life of the equipment, its installed life or when stored at a facility for future use.

The qualification documentation shall provide evidence that the equipment important to safety is qualified for its application, meets its specification requirements, and has its qualified life and periodic surveillance, maintenance, and/or condition monitoring interval established. Data used to demonstrate the qualification of the equipment shall be pertinent to the application and shall be organized in a readily understandable and traceable manner that permits independent auditing of the conclusions presented.

For digital devices, test cases shall be described in detail to demonstrate sufficient coverage regarding functional performance (for example, response time, accuracy) and electrical performance.

8.2 General documentation requirements

For equipment important to safety, the following items shall be included in the documentation:

- a) identification of the equipment being qualified, including manufacturer, model, hardware/software version (for programmable components) and model family;
- b) identification of the function(s) important to safety and description of the functional requirements;
- c) identification of installation considerations and requirements for mounting, orientation, interfaces, and conduit sealing;
- d) identification of normal environmental conditions, including those resulting from anticipated operational occurrences for temperature, pressure, radiation, relative humidity, EMI/RFI, power surge environment, and operational cycling, and design basis events and accidental condition to which the equipment is qualified;
- e) evaluation of significant ageing mechanisms and the method for addressing these in the qualification programme;
- f) identification of seismic test results;
- g) identification of the qualified condition of the equipment and its basis, if applied;
- h) identification of any scheduled surveillance, maintenance, periodic testing, or component replacement required to maintain qualification;

- i) summary and conclusions, including limitations or caveats, and qualified or service life, and any periodic surveillance/maintenance interval determination;
- j) justification of acceptance of modification, if any;
- k) identification of age conditioning test results (if a significant ageing mechanism exists);
- l) when testing is required:
 - 1) identification and description of the qualification method utilized;
 - 2) identification of test sample equipment;
 - 3) identification of the acceptance criteria and performance results;
 - 4) identification of the test sequence and justification of the conservatism for the selected sequence (for examples, severity of tests, using sequential in lieu of concurrent ageing);
 - 5) justification of how test sample equipment is representative of the qualified equipment;
 - 6) evaluation of test anomalies, including effect on qualification;
 - 7) normal and abnormal environmental testing including anticipated operational occurrences or in a mild environment an evidence of conformance.

8.3 Specific documentation requirements for mild environment

For equipment important to safety which is required in a mild environment, the following items shall be additionally included in the documentation:

- a) Maintenance and surveillance programme based on a vendor's recommendations supplemented with operating experience.

8.4 Specific documentation requirements for harsh environment

For equipment important to safety which is required in a harsh environment, the following items shall be additionally included in the documentation:

- a) identification of tested configuration (whether any connections within the test chamber are exposed to simulated accident effects);
- b) identification of the qualified life of the equipment and its basis;
- c) identification of radiation test results with identification of radiation type, dose rate, and total dose;
- d) identification of the accident test results (DBE and design extension conditions if equipment is required under these conditions), including temperature versus time curve, pressure versus time curve, humidity, chemical spray, water spray, electrical loading, mechanical loading, applied voltage, applied frequency, and submergence;
- e) identification of margin, as applicable, for peak temperature, peak pressure, radiation, power supply voltage, operating time, and seismic level;
- f) justification of qualified life extension, if any.

Bibliography

IAEA TECDOC-932, *Pilot Study on the Management of Ageing of Instrumentation and Control Cables*, Results of a Co-coordinated Research Program 1993–1995

IAEA Safety Glossary, *Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection*, 2007 Edition

IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/1 (2012), *Safety of Nuclear Power Plants: Design. Specific Safety Requirements*

IAEA Series No. NP-T-3.6, *Assessing and Managing Cable Aging in Nuclear Plants*

IEEE Std 7-4.3.2TM-2010, *IEEE Standard Criteria for Digital Computers in Safety Systems of Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 98TM-2002, *IEEE Standard for the Preparation of Test Procedures for the Thermal Evaluation of Solid Electrical Insulating Materials*

IEEE Std 99TM-2007, *IEEE Recommended Practice for the Preparation of Test Procedures for the Thermal Evaluation of Insulation Systems for Electric Equipment*

IEEE Std 101TM-1987 (Reaff 1995), *IEEE Guide for the Statistical Analysis of Thermal Life Test Data*

IEEE Std 317TM-2013, *IEEE Standard for Electric Penetration Assemblies in Containment Structures for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 334TM-2006, *IEEE Standard for Qualifying Continuous Duty Class 1E Motors for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 382TM-2006, *IEEE Standard for Qualification of Safety Related Actuators for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 383TM-2003, *IEEE Standard for Qualifying Class 1E Electric Cables and Field Splices for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 420TM-2013, *IEEE Standard for the Design and Qualification of Class 1E Control Boards, Panels, and Racks Used in Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 535TM-2006, *IEEE Standard for Qualification of Class 1E Lead Storage Batteries for Nuclear Power Generating Station*

IEEE Std 572TM-2006, *IEEE Standard for Qualification of Class 1E Connection Assemblies for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 603TM-2009, *IEEE Standard Criteria for Safety Systems for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 628TM-2011, *IEEE Standard Criteria for the Design, Installation, and Qualification of Raceway Systems for Class 1E Circuits for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 638TM-1992 (Reaff 1999), *IEEE Standard for Qualification of Class 1E Transformers for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 649TM-2006, *IEEE Standard for Qualifying Class 1E Motor Control Centers for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 650TM-2006, *IEEE Standard for Qualification of Class 1E Static Battery Chargers and Inverters for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 943TM-1986 (Reaff 1992), *IEEE Guide for Aging Mechanisms and Diagnostic Procedures in Evaluating Electrical Insulation Systems*

IEEE Std 1064TM-1991, *IEEE Guide for Multifactor Stress Functional Testing of Electrical Insulation Systems*

IEEE Std 1205TM-2014, *IEEE Guide for Assessing, Monitoring, and Mitigating Aging Effects on Electrical Equipment Used in Nuclear Power Generating Stations and Other Nuclear Facilities*

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

IEC 60068-2-11, *Basic environmental testing procedures – Part 2-11: Tests – Test Ka: Salt mist*

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

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

IEC 60068-2-30, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60068-2-57, *Environmental testing – Part 2-57: Tests – Test Ff: Vibration – Time-history and sine-beat method*

IEC 60068-3-3, *Environmental testing – Part 3-3: Guidance – Seismic test methods for equipments*

IEC 60216-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results*

IEC 60216-2, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 2: Determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Choice of test criteria*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60544-2, *Electrical insulating materials – Determination of the effects of ionizing radiation on insulating materials – Part 2: Procedures for irradiation and test*

IEC 60811-412, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 412: Miscellaneous tests – Thermal ageing methods – Ageing in an air bomb*

IEC 61000-4 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques*

IEC 62003, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Requirements for electromagnetic compatibility testing*

IEC 62342, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Management of ageing*

IEC/IEEE 62582 (all parts), *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Electrical equipment condition monitoring*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	34
INTRODUCTION.....	37
1 Domaine d’application et objet	39
2 Références normatives.....	39
3 Termes et définitions	39
4 Symboles et abréviations	43
5 Principes de qualification des équipements	44
5.1 Objectif de la qualification	44
5.2 Durée de vie qualifiée et état qualifié	44
5.3 Eléments de qualification.....	45
5.4 Documentation de qualification	45
6 Méthodes de qualification	45
6.1 Qualification initiale.....	45
6.1.1 Essais de type	45
6.1.2 Retour d’expérience en exploitation	45
6.1.3 Analyse	46
6.1.4 Méthodes mixtes.....	46
6.2 Réévaluation de la durée de vie qualifiée.....	46
6.2.1 Généralités	46
6.2.2 Méthode 1: Utilisation des conservatismes	46
6.2.3 Méthode 2: Essais de type sur équipement prélevé dans l’installation	46
6.2.4 Méthode 3: Essais de type pour une période qualifiée étendue	47
6.2.5 Méthode 4: Remplacement de composant.....	47
6.3 Surveillance d’état de dégradation.....	47
7 Programme de qualification.....	48
7.1 Généralités	48
7.2 Spécifications de l’équipement	48
7.2.1 Généralités	48
7.2.2 Identification de l’équipement.....	48
7.2.3 Interfaces	48
7.2.4 Objectif de durée de vie qualifiée	48
7.2.5 Fonction(s) de sûreté	49
7.2.6 Conditions de service.....	49
7.3 Programme de qualification	50
7.3.1 Généralités	50
7.3.2 Vieillesse.....	50
7.3.3 Mécanismes de vieillissement significatifs	51
7.3.4 Objectif de durée de vie qualifiée	51
7.3.5 Marges associées aux conditions de service.....	51
7.3.6 Maintenance	51
7.3.7 Critères d’acceptation	52
7.4 Mise en œuvre du programme de qualification	52
7.4.1 Essais de type	52
7.4.2 Retour d’expérience en exploitation	58
7.4.3 Qualification par analyse	59

7.4.4	Modifications.....	60
8	Documentation	61
8.1	Généralités	61
8.2	Exigences générales de documentation	61
8.3	Exigences de documentation spécifiques pour les environnements peu sévères.....	62
8.4	Exigences de documentation spécifiques pour les environnements sévères.....	62
	Bibliographie	63
	Tableau 1 – Marges minimales d’essai recommandées pour les EDD.....	54

INSTALLATIONS NUCLÉAIRES – ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES IMPORTANTES POUR LA SÛRETÉ – QUALIFICATION

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.

Les normes de l'IEEE sont élaborées par les Sociétés de l'IEEE, ainsi que par les Comités de coordination des normes du Conseil de normalisation de l'IEEE Standards Association (IEEE-SA). Ces normes sont l'aboutissement d'un consensus, soumis à l'approbation de l'Institut national américain de normalisation, qui rassemble des bénévoles représentant divers points de vue et intérêts. Les participants bénévoles ne sont pas nécessairement membres de l'IEEE et leur intervention n'est pas rétribuée. Si l'IEEE administre le déroulement de cette procédure et définit les règles destinées à favoriser l'équité du consensus, l'IEEE lui-même n'évalue pas, ne teste pas et ne vérifie pas l'exactitude de toute information contenue dans ses normes. L'utilisation de normes de l'IEEE est entièrement volontaire. Les documents de l'IEEE sont disponibles à des fins d'utilisation, à condition d'être assortis d'avis importants et de clauses de non-responsabilité (voir <http://standards.ieee.org/IPR/disclaimers.html> pour de plus amples informations).

L'IEC travaille en étroite collaboration avec l'IEEE, selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations. Cette norme internationale double logo a été élaborée conjointement par l'IEC et l'IEEE, conformément aux dispositions de cet accord.

- 2) Les décisions officielles 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. Une fois le consensus établi entre les Sociétés de l'IEEE et les Comités de coordination des normes, les décisions officielles de l'IEEE relatives aux questions techniques sont déterminées en fonction du vote exprimé par un groupe à la composition équilibrée, composé de parties intéressées qui manifestent leur intérêt pour la révision des normes proposées. L'approbation finale de la norme de l'IEEE est soumise au Conseil de normalisation de l'IEEE Standards Association (IEEE-SA).
- 3) Les Publications IEC/IEEE se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC/Sociétés de l'IEEE. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin de s'assurer de l'exactitude du contenu technique des Publications IEC/IEEE; l'IEC ou l'IEEE ne peuvent pas être tenus responsables 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 (y compris les Publications IEC/IEEE) dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications IEC/IEEE et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC et l'IEEE eux-mêmes ne fournissent 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 et l'IEEE ne sont responsables 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 ou à l'IEEE, 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, ou les bénévoles des Sociétés de l'IEEE et des Comités de coordination des normes du Conseil de normalisation de l'IEEE Standards Association (IEEE-SA), 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 IEC/IEEE ou toute autre publication de l'IEC ou de l'IEEE, 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 fait que la mise en application de cette Publication IEC/IEEE peut requérir l'utilisation de matériels protégés par des droits de brevet. En publiant cette norme, aucun parti n'est pris concernant l'existence ou la validité de droits de brevet y afférents. Ni l'IEC ni l'IEEE ne peuvent être tenus d'identifier les revendications de brevet essentielles pour lesquelles une autorisation peut s'avérer nécessaire, d'effectuer des recherches sur la validité juridique ou l'étendue des revendications des brevets, ou de déterminer le caractère raisonnable ou non discriminatoire des termes ou conditions d'autorisation énoncés dans le cadre d'un Certificat d'assurance, lorsque la demande d'un tel certificat a été formulée, ou contenus dans tout accord d'autorisation. Les utilisateurs de cette norme sont expressément informés du fait que la détermination de la validité de tous droits de propriété industrielle, ainsi que les risques qu'impliquent la violation de ces droits, relèvent entièrement de leur seule responsabilité.

La Norme internationale IEC/IEEE 60780-323 a été établie par le sous-comité 45A: Systèmes d'instrumentation, de contrôle-commande et électriques des installations nucléaires, du comité d'études 45: Instrumentation nucléaire de l'IEC, en coopération avec le «Nuclear Power Engineering Committee» de la «Power & Energy Society» de l'IEEE, selon l'accord double logo IEC/IEEE entre l'IEC et l'IEEE.

La présente publication est une norme double logo IEC/IEEE.

NOTE Une liste des participants de l'IEEE est disponible à l'adresse URL suivante:
http://standards.ieee.org/downloads/60780/60780-323-2016/60780-323-2016_wg-participants.pdf

Cette nouvelle édition annule et remplace la première édition de l'IEC 60780, publiée en 1998, dont elle constitue une révision technique. Elle remplace également l'IEEE Std 323-2003.

Les principales modifications techniques par rapport à l'IEC 60780:1998 sont les suivantes:

- harmoniser au niveau d'une norme unique les pratiques de qualification précédemment établies dans l'IEC 60780:1998 et dans l'IEEE Std 323-2003 relatives à la qualification initiale,
- prendre en compte les besoins de réévaluation et d'extension de durée de vie qualifiée des équipements électriques, en particulier pour les projets d'extension de la durée de vie des installations nucléaires.

Cette révision prend en compte les pratiques courantes et les leçons tirées de la mise en œuvre par l'industrie nucléaire des normes antérieures qu'elle remplace.

Dans cette révision, des changements ou des éclaircissements ont été apportés au niveau de plusieurs sujets:

- La présente norme définit les méthodes de qualification utilisables pour démontrer le respect des exigences d'un équipement dans les environnements auxquels il peut être exposé. La présente norme est généralement utilisée pour la qualification de tous les équipements électriques importants pour la sûreté, tels que définis par la terminologie de l'AIEA. Les exigences portant sur la documentation et les essais, sont cependant plus rigoureuses pour les équipements installés en environnement sévère.
- Les marges utilisées pour définir la sévérité des essais aux conditions accidentelles ont été mises à jour.
- Un concept important lié à la qualification des équipements consiste à reconnaître qu'un endommagement significatif pourrait résulter de mécanismes de vieillissement liés aux environnements rencontrés durant la durée de vie utile. L'équipement important pour la sûreté devrait donc être mis dans des conditions correspondant à sa fin de durée de vie qualifiée (correspondant au vieillissement opérationnel) avant que de subir les essais représentatif des conditions d'environnement découlant des événements de dimensionnement. Des versions précédentes de la norme ont défini que la période de temps pour laquelle on démontrait que les performances étaient acceptables était la durée de vie qualifiée. La durée de vie qualifiée ne comprend pas la durée suivant l'événement initiateur correspondant au déroulement de l'accident et aux conditions post-accidentelles pour laquelle la démonstration de qualification doit être apportée (temps de mission). Le concept de durée de vie qualifiée est reconduit dans la présente révision. La présente révision reconnaît par ailleurs que l'état de l'équipement pour lequel des performances acceptables ont été démontrées correspond à l'état qualifié. Ainsi, des possibilités d'extension de durée de vie et de renouvellement d'autorisation sont envisageables en garantissant que l'équipement reste en état qualifié.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants de l'IEC:

FDIS	Rapport de vote
45A/1058/FDIS	45A/1075/RVD

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

Les normes internationales sont rédigées selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité d'études de l'IEC et le comité d'études de l'IEEE ont 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.

INTRODUCTION

a) Contexte technique, questions importantes et structure de la présente norme

La présente norme est applicable aux équipements électriques importants pour la sûreté et à leurs interfaces, c'est-à-dire aux équipements qui sont nécessaires pour réaliser des fonctions de sûreté, ou dont la défaillance pourrait nuire à la bonne réalisation des fonctions de sûreté associées à d'autres équipements.

Les équipements électriques des installations nucléaires doivent satisfaire aux exigences requises au titre de la démonstration de sûreté durant leur durée de vie installée. Ceci est réalisé grâce à des dispositions d'un programme d'assurance qualité, de contrôle à la conception, de contrôle qualité, de qualification, de production, de transport, de stockage, d'installation, de maintenance et de surveillance. La présente norme IEC/IEEE s'intéresse particulièrement à la qualification.

Les autres aspects, liés à l'assurance qualité, à la fiabilité, à la sélection et à l'utilisation des appareils électroniques, à la conception et aux modifications des systèmes numériques, y compris les activités de vérification et de validation (V&V) ne font pas partie de la présente norme.

La présente norme a largement tiré bénéfice de la recherche menée au niveau industriel dans le domaine de la qualification des équipements et des dizaines d'années d'application de ses versions antérieures. Les activités futures du groupe de travail pour mettre à jour la présente norme prendront en compte les points suivants:

- L'expérience et la connaissance acquise en utilisant les techniques de caractérisation et de surveillance des indicateurs d'état des équipements.
- La connaissance acquise sur les mécanismes de vieillissement et leur cinétique associée.
- Améliorations significatives des connaissances au niveau des mécanismes de vieillissement, des joints matériels, des interfaces, des similarités, des séquences d'essais et des paramètres (tels que les pentes des rampes, les durées, le temps de démarrage d'aspersion et sa durée) et de la documentation de qualification.

La présente norme est destinée aux opérateurs de centrales nucléaires, aux évaluateurs de systèmes, aux fabricants de matériel, aux centres d'essais, aux laboratoires de qualification et aux autorités de sûreté.

b) Position de la présente norme dans la collection de normes du SC 45A de l'IEC

L'IEC 61513 est le document de premier niveau de la collection des normes du SC 45A de l'IEC et fournit des recommandations applicables à l'I&C au niveau des systèmes de contrôle-commande. Elle est complétée par des recommandations au niveau du classement fonctionnel (IEC 61226), de la conception des matériels (IEC 60987) et des logiciels (IEC 60880 et IEC 62138) et relative au développement de circuit en HDL (IEC 62566). L'IEC 62340 fournit quant à elle des exigences visant à réduire et surmonter la possibilité d'une défaillance de cause commune de fonctions de catégorie A.

L'IEC/IEEE 60780-323 est le document du SC 45A de l'IEC de second niveau qui s'intéresse à la qualification environnementale des équipements électriques importants pour la sûreté.

Pour de plus amples détails sur la structure de la collection des normes du SC 45A de l'IEC, voir le point d) de cette introduction.

c) Recommandations et limites relatives à l'application de cette norme

La présente norme double logo s'applique à tous les équipements électriques importants pour la sûreté conformément à la terminologie de l'AIEA, ce qui inclut les équipements de Classe 1E conformément au schéma de classification de l'IEEE et les équipements de Classes 1, 2 et 3 conformément au schéma de classification de l'IEC 61226.

Pour les équipements permettant de gérer les situations hors dimensionnement, incluant les accidents graves, la présente norme doit être utilisée en définissant de nouveaux profils d'essais aux conditions accidentelles couvrant ces scénarios. Les conservatismes pris en compte pour définir ces profils devraient néanmoins être adaptés.

Pour garantir la pertinence de la présente norme dans les années futures, l'accent a été mis sur les principes plutôt que sur des technologies spécifiques.

d) Description de la structure de la collection des normes du SC 45A de l'IEC et relations avec d'autres documents de l'IEC, et d'autres organisations (AIEA, ISO)

Le document de niveau supérieur de la collection de normes produites par le SC 45A de l'IEC est la norme IEC 61513. Cette norme traite des exigences relatives aux systèmes et équipements d'instrumentation et de contrôle-commande (systèmes d'I&C) utilisés pour accomplir les fonctions importantes pour la sûreté des centrales nucléaires, et structure la collection de normes du SC 45A de l'IEC.

L'IEC 61513 fait directement référence aux autres normes du SC 45A de l'IEC traitant de sujets génériques, tels que la catégorisation des fonctions et le classement des systèmes, la qualification, la séparation des systèmes, les défaillances de cause commune, les aspects logiciels et les aspects matériels relatifs aux systèmes programmés, et la conception des salles de commande. Il convient de considérer que ces normes, de second niveau, forment, avec la norme IEC 61513, un ensemble documentaire cohérent.

Au troisième niveau, les normes du SC 45A de l'IEC, qui ne sont généralement pas référencées directement par la norme IEC 61513, sont relatives à des matériels particuliers, à des méthodes ou à des activités spécifiques. Généralement ces documents, qui font référence aux documents de deuxième niveau pour les activités génériques, peuvent être utilisés de façon isolée.

Un quatrième niveau qui est une extension de la collection de normes du SC 45A de l'IEC correspond aux rapports techniques qui ne sont pas des documents normatifs.

L'IEC 61513 a adopté une présentation similaire à celle de l'IEC 61508, avec un cycle de vie de sûreté d'ensemble et un cycle de vie de sûreté des systèmes. Au niveau sûreté nucléaire, elle est l'interprétation des exigences générales de l'IEC 61508-1, l'IEC 61508-2 et l'IEC 61508-4 pour le secteur nucléaire, pour ce qui concerne le domaine de la sûreté nucléaire. L'IEC 60880 et l'IEC 62138 remplacent quant à elles l'IEC 61508-3 pour le secteur nucléaire pour les aspects relatifs au développement logiciel. L'IEC 61513 fait référence aux normes ISO ainsi qu'aux documents AIEA GS-R-3 et AIEA GS-G-3.1 et AIEA GS-G-3.5 pour ce qui concerne l'assurance qualité.

Les normes produites par le SC 45A de l'IEC sont élaborées de façon à être en accord avec les principes de sûreté fondamentaux des Codes AIEA sur la sûreté des centrales nucléaires, ainsi qu'avec les guides de sûreté de l'AIEA, en particulier avec le document d'exigences SSR-2/1 qui établit les exigences de sûreté relatives à la conception des centrales nucléaires et avec le guide de sûreté SSG-39 qui traite de l'instrumentation et du contrôle commande importants pour la sûreté des centrales nucléaires. La terminologie et les définitions utilisées dans les normes produites par le SC 45A sont conformes à celles utilisées par l'AIEA.

INSTALLATIONS NUCLÉAIRES – ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES IMPORTANTES POUR LA SÛRETÉ – QUALIFICATION

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale décrit les exigences de base permettant de qualifier les équipements électriques importants pour la sûreté et leurs interfaces (électriques et mécaniques) utilisés dans les installations nucléaires. Les principes, les méthodes et les procédures décrits sont destinés à être employés pour qualifier les équipements, maintenir et étendre la qualification, et mettre à jour la qualification, en particulier si l'équipement est modifié. Les exigences de qualification de la présente norme, lorsqu'elles sont satisfaites, démontrent et documentent la capacité de l'équipement à réaliser sa ou ses fonctions de sûreté dans les conditions de service applicables, y compris en présence d'événements de dimensionnement et de certains accidents retenus au titre d'extension du domaine de dimensionnement; elles réduisent le risque de défaillance de cause commune des équipements dont l'origine serait liée à l'environnement.

La présente norme n'établit pas d'exigences au niveau des performances ou des contraintes environnementales.

Les autres aspects relatifs à l'assurance qualité, au choix et à l'utilisation des appareils électroniques, à la conception et à la modification des systèmes numériques ne sont pas couverts par la présente norme.

D'autres normes IEC ou IEEE présentent les programmes de qualification pour des équipements particuliers ou des modalités d'essais particulières. Elles peuvent être utilisées en complément de cette norme, le cas échéant. Une liste d'autres normes relatives à la qualification des équipements est fournie dans la bibliographie.

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 60980, *Pratiques recommandées pour la qualification sismique du matériel électrique du système de sûreté dans les centrales électronucléaires*

IEEE Std 344™-2013, *IEEE Standard for Seismic Qualification of Equipment for Nuclear Power Generating Stations*

3 Termes et définitions

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

3.1

processus de vieillissement

processus consistant à soumettre un équipement ou un composant à des contraintes (opérationnelles et environnementales) élevées de façon à faire évoluer ses propriétés physiques et électriques pour qu'elles soient équivalentes à celles qu'il aurait eues

naturellement au bout d'une durée de fonctionnement prédéterminée dans des conditions opérationnelles identifiées et qui correspondent au moins à la durée de vie qualifiée

3.2 vieillessement

processus général par lequel les caractéristiques d'une structure, d'un système ou d'un composant se modifient graduellement avec le temps ou à l'usage

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2007]

3.3 Classe 1E

classe de sûreté des équipements électriques et des systèmes qui sont essentiels pour l'arrêt d'urgence du réacteur, pour l'isolement enceinte, pour le refroidissement du cœur du réacteur et pour l'évacuation de la chaleur du réacteur ou de l'enceinte, ou sinon essentiels pour empêcher les rejets de matières radioactives dans l'environnement

[SOURCE: Traduction française à partir de l'IEEE Standards Dictionary Online]¹

3.4 défaillance de cause commune DCC

défaillance de plusieurs structures, systèmes ou composants due à un événement ou à une cause spécifique unique

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2007]

3.5 composant

élément distinct d'un système, par exemple: fils, transistors, circuits intégrés, moteurs, relais, solénoïdes, conduites, garnitures, pompes, réservoirs et vannes

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2007]

3.6 qualification par surveillance d'état

qualification reposant sur la mesure d'un ou de plusieurs indicateurs d'état de l'équipement, de ses composants ou de ses matériaux et pour lequel ou pour lesquels les critères d'acceptation sont corrélés à l'aptitude de l'équipement à fonctionner comme spécifié lors du déroulement d'un événement de dimensionnement applicable

[SOURCE: Traduction française à partir de l'IEEE Standards Dictionary Online]

3.7 indicateur d'état

caractéristique d'un équipement qui peut être observée, mesurée ou dont on peut suivre l'évolution pour en déduire ou indiquer directement sa capacité présente et future à fonctionner selon les critères d'acceptation pour toutes les conditions de service spécifiées (y compris les événements de dimensionnement)

1 L'accès à l'IEEE Standards Dictionary Online est possible à l'adresse:
<http://ieeexplore.ieee.org/xpls/dictionary.jsp>

3.8 **évènement de dimensionnement** **EDD**

évènement identifié et utilisé en conception pour établir les exigences portant sur les performances acceptables pour les structures, systèmes et composants

[SOURCE: Traduction française à partir de l'IEEE Standards Dictionary Online]

3.9 **conditions d'extension du domaine de dimensionnement**

conditions accidentelles qui ne sont pas prises en compte dans les événements de dimensionnement mais qui le sont dans le processus de conception de l'installation conformément aux méthodes de type «meilleure estimation», et dans lesquelles les rejets de matières radioactives sont maintenus dans des limites acceptables. Les conditions hors dimensionnement comprennent les conditions accidentelles graves.

[SOURCE: Norme de sûreté de l'AIEA, SSR-2/1:2012]

3.10 **état final**

valeur du ou des indicateurs d'état de l'équipement à la fin du processus de vieillissement

3.11 **équipement**

assemblage de composants conçu et fabriqué pour réaliser des fonctions particulières

Note 1 à l'article: Les capteurs, les câbles, vannes équipées de moteurs électriques, les armoires ou les châssis d'I&C sont des exemples d'équipement.

[SOURCE: Traduction française à partir de l'IEEE Standards Dictionary Online]

3.12 **équipement important pour la sûreté**

équipement faisant partie d'un groupe de sûreté et/ou dont le mauvais fonctionnement ou la défaillance pourrait entraîner une exposition à des rayonnements du personnel du site ou de personnes du public. Les équipements importants pour la sûreté comprennent:

- les équipements qui empêchent les incidents de fonctionnement prévus d'aboutir à des conditions accidentelles;
- les dispositifs prévus pour atténuer les conséquences d'un mauvais fonctionnement ou d'une défaillance de structures, systèmes ou composants.
 - A) Dans le cadre d'une utilisation de la présente norme en cohérence avec l'IEC 61226, les équipements importants pour la sûreté sont les suivants:
 - tous les équipements réalisant des fonctions de catégories A à C (conformément au schéma de catégorisation de l'IEC 61226),
 - tous les équipements électriques nécessaires pour assurer l'alimentation d'urgence en énergie de ces équipements en cas de perte de l'alimentation de puissance normale,
 - tous les équipements électriques nécessaires pour l'alimentation en énergie ultime en cas de perte totale des alimentations de puissance sur le site de l'installation (si cela est retenu comme situations d'extension du domaine de dimensionnement dont les conséquences sont à atténuer).
 - B) Dans le cadre d'une utilisation de la présente norme en cohérence avec d'autres documents IEEE et de la classe de catégorisation 1E. Pour les équipements importants pour la sûreté la qualification est essentielle pour les équipements suivants:

- les équipements et les systèmes électriques qui sont essentiels pour l'arrêt d'urgence du réacteur, l'isolement enceinte, le refroidissement du cœur du réacteur, et l'évacuation de la chaleur du réacteur et de l'enceinte, ou
- les équipements électriques qui sont importants sinon essentiels pour empêcher un rejet significatif de matière radioactive dans l'environnement.

Note 1 à l'article: Les utilisateurs de la présente norme sont avertis que le terme 'Classe 1E' est de nature fonctionnelle. Les équipements et les systèmes sont à classer 1E seulement s'ils réalisent des fonctions dont la liste est fournie dans la définition. L'identification des systèmes et des équipements classés 1E reposant sur tout autre chose que leur fonction correspond à une utilisation inappropriée du terme et est à éviter.

3.13

qualification d'équipement

production et conservation des preuves que l'équipement fonctionnera sur commande dans les conditions de service spécifiées, pour répondre aux impératifs de performance du système

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2007]

3.14

analogie des équipements

démonstration de l'équivalence physique, opérationnelle et dynamique d'un équipement à qualifier avec un équipement précédemment qualifié

3.15

environnement sévère

environnement qui est amené à changer significativement suite à un événement de dimensionnement, par exemple un accident de perte de réfrigérant primaire (APRP), une rupture de tuyauterie à haute énergie, et une rupture de tuyauterie vapeur principale

[SOURCE: Traduction française à partir de l'IEEE Standards Dictionary Online]

3.16

interfaces

frontière partagée par deux structures, systèmes et composants qui comprend les fixations physiques, les montages, les composants auxiliaires et les raccordements (électriques et mécaniques) à l'équipement

3.17

marge

différence entre les conditions de service et les conditions utilisées pour la qualification de l'équipement

[SOURCE: Traduction française à partir de l'IEEE Standards Dictionary Online]

3.18

environnement peu sévère

environnement qui n'est à aucun moment significativement plus sévère que l'environnement d'exploitation normal, incluant les incidents de fonctionnement prévus

3.19

état qualifié

état d'un matériel, avant l'occurrence d'un événement de dimensionnement, pour lequel il a été montré que l'équipement satisfaisait aux exigences de conception pour les conditions de service spécifiées. Certains systèmes de réfrigération et de surveillance post-accidentelle dont le fonctionnement est prévu peuvent être concernés.

3.20

durée de vie qualifiée

période pour laquelle il a été démontré, par essais, analyse et/ou expérience qu'une structure, un système ou un composant est capable de fonctionner dans les limites des critères d'acceptation pour des conditions de fonctionnement spécifiques tout en restant à même de remplir ses fonctions de sûreté en cas d'accident de dimensionnement ou de séisme

Note 1 à l'article: Dans l'édition 2007 du glossaire de sûreté de l'AIEA, le terme «qualified life» est traduit par le terme «durée de vie certifiée». Considérant que dans de nombreuses versions françaises de documents techniques anglais/français portant sur la qualification le terme «qualified life» est traduit par «durée de vie qualifiée» les experts du SC 45A de l'IEC ont préféré utiliser dans la version française de la présente norme le terme «durée de vie qualifiée». Cette évolution de la traduction française du terme «qualified life» a été proposée à l'AIEA pour être prise en compte dans la future version du glossaire de sûreté.

[SOURCE: Traduction française de la définition du terme «qualified life» – version anglaise du glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2007]

3.21

conditions de service

états ou influences physiques effectifs au cours de la durée de vie utile d'une structure, d'un système ou d'un composant, y compris les conditions de fonctionnement (normales et incidents de fonctionnement prévus), les conditions accidentelles résultant d'événement de dimensionnement ou d'extension du domaine de dimensionnement.

Note 1 à l'article: Dans l'édition 2007 du glossaire de sûreté de l'AIEA, les conditions accidentelles incluent les accidents de dimensionnement et les accidents «hors dimensionnement». Cette seconde notion a été remplacée au niveau de l'AIEA par la notion d'extension du domaine de dimensionnement (design extension conditions AIEA, SSR-2/1). Ceci explique les modifications apportées à la définition d'origine.

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2007, modifiée]

3.22

durée de vie utile

période qui va de la mise en exploitation initiale d'une structure, d'un système ou d'un composant à son retrait

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2007]

3.23

accidents graves

conditions accidentelles plus graves qu'un accident de dimensionnement qui donnent lieu à une dégradation importante du cœur

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2007]

3.24

mécanismes de vieillissement significatifs

mécanismes de vieillissement qui, en conditions de service normales et anormales, peuvent endommager l'équipement, en le rendant vulnérable à des défaillances de ses fonctions de sûreté dans des conditions correspondant aux événements de dimensionnement

[Traduction française à partir de l'IEEE Standards Dictionary Online]

4 Symboles et abréviations

EDD	Evènement De Dimensionnement
CEM	Compatibilité Electromagnétique
IEM	Interférence Electromagnétique

RTHE	Rupture de Tuyauterie à Haute Energie
I&C	Instrumentation et Contrôle-commande
APRP	Accident de Perte de Réfrigérant Primaire
RTV	Rupture de Tuyauterie Vapeur
CNP	Centrale Nucléaire de Puissance
IFR	Interférence des Fréquences Radio

5 Principes de qualification des équipements

5.1 Objectif de la qualification

L'objectif premier de la qualification est de démontrer, avec une assurance raisonnable, que les équipements importants pour la sûreté peuvent fonctionner sans être soumis à des défaillances de cause commune avant, pendant, ou après un EDD à prendre en compte.

Les équipements importants pour la sûreté, y compris leurs interfaces, doivent satisfaire ou dépasser les exigences spécifiées des équipements. Cette capacité continue est garantie par un programme qui comprend en particulier, mais pas uniquement, le contrôle de conception, le contrôle qualité, la qualification, l'installation, la maintenance, la surveillance et les essais périodiques. L'intérêt principal de cette norme est la qualification, néanmoins celui-ci a un impact sur les autres parties du programme.

Pour les équipements requis dans les conditions d'extension du domaine de dimensionnement, on doit prouver que ces équipements sont capables de fonctionner dans les conditions de service spécifiées, incluant les conditions correspondant à ces situations d'extension.

Les équipements situés dans des environnements normaux et peu sévères doivent être spécifiés, développés et sélectionnés pour réaliser leurs fonctions dans les conditions de services attendus incluant les incidents de fonctionnement identifiés. Les exigences, y compris celles relatives à la CEM, au vieillissement environnemental/opérationnel et aux séismes, doivent être précisées dans les spécifications de conception/achat.

Il convient qu'un programme de maintenance/surveillance basé sur les recommandations du vendeur, complété par le retour d'expérience, garantisse que les équipements satisfassent aux exigences de performance spécifiées. Une durée de vie qualifiée n'est pas exigée pour les équipements situés en environnement peu sévère qui ne sont pas soumis à des mécanismes de vieillissement significatifs et qui sont utilisés dans les limites établies par les spécifications et les normes retenues. La qualification d'équipement situé en environnement peu sévère doit être démontrée en apportant les justifications que l'équipement répond ou dépasse les exigences spécifiées, en incluant celles retenues par les associations d'industriels. Lorsque des essais sismiques sont réalisés pour qualifier des équipements situés en environnement peu sévère, le pré-vieillissement avant les essais sismiques est exigé seulement lorsque des mécanismes de vieillissement significatifs existent (voir 7.3.3).

5.2 Durée de vie qualifiée et état qualifié

La dégradation due au vieillissement suivie d'une exposition à des conditions environnementales sévères en termes de température, de pression, d'humidité, de rayonnements, de vibrations, d'aspersion chimique et de submersion, dans des conditions correspondant à des EDD, peuvent accélérer la survenance des défaillances des équipements importants pour la sûreté. C'est pour cette raison qu'il est nécessaire d'établir une durée de vie qualifiée pour les équipements qui présentent des mécanismes de vieillissement significatifs. Pour déterminer la durée de vie qualifiée on doit prendre en compte la dégradation des capacités des équipements (lorsque cela s'applique) avant, pendant et après un accident. L'établissement de l'état qualifié est inhérent à l'établissement de la durée vie qualifiée. Cet état qualifié correspond à l'état dégradé pour lequel il a été

démontré que, suite à un éventuel EDD, les performances seraient et resteraient satisfaisantes.

La durée de vie qualifiée est établie durant la qualification initiale, sur des spécimens de test conduits dans un état de dégradation prévisible correspondant à celui de la fin de la durée de vie qualifiée, puis par la simulation d'EDD pour lequel ou lesquels la réalisation des fonctions de sûreté est démontrée.

L'ajustement et l'extension de la durée de vie qualifiée des équipements existants peuvent être réalisés en utilisant différentes techniques. Ces techniques sont décrites en 6.2.

5.3 Eléments de qualification

L'approche préférentielle est la qualification par les essais de type. Les autres méthodes décrites en 7.4.3 et 7.4.4 sont en outre applicables.

Les éléments essentiels nécessaires pour démontrer la qualification d'un équipement comprennent les éléments suivants:

- les spécifications des équipements réalisant les fonctions de sûreté requises,
- les critères d'acceptation,
- la description des conditions de service, y compris les EDD et leurs durées,
- le plan du programme de qualification,
- le plan de mise en œuvre du programme,
- la documentation prouvant le succès de la qualification.

5.4 Documentation de qualification

Le résultat du programme de qualification doit être documenté de sorte à ce qu'il démontre les capacités de l'équipement à réaliser sa ou ses fonctions de sûreté durant sa durée de vie qualifiée et pour les EDD identifiés. Toutes les activités nécessaires pour maintenir la qualification pendant la durée de vie qualifiée doivent être incluses dans une documentation structurée et vérifiable. Elle doit permettre à des personnels compétents autres que ceux impliqués dans la qualification de vérifier que l'équipement est qualifié.

6 Méthodes de qualification

6.1 Qualification initiale

6.1.1 Essais de type

Un essai de type consiste à soumettre un exemplaire représentatif d'un équipement, y compris ses interfaces, à une série d'essais, simulant les mécanismes significatifs de vieillissement en exploitation normale. Les essais de qualification de l'équipement doivent être réalisés sur l'équipement (incluant son logiciel) en fonctionnement dans les conditions de l'exploitation réelle. L'équipement est soumis aux essais successifs correspondant aux EDD simulés, dans une configuration représentative de l'installation réelle, ce qui prend en compte le montage, l'orientation, les interfaces, les joints et les environnements identifiés. Un essai de type prouve que l'équipement à la fin de sa durée de vie qualifiée peut réaliser la ou les fonctions de sûreté prévues pendant la durée de fonctionnement requise, avant, pendant, et/ou après un EDD.

6.1.2 Retour d'expérience en exploitation

Lorsque la qualification requise correspond à un environnement peu sévère, les données de performance d'un équipement de conception similaire ayant fonctionné de façon satisfaisante dans des conditions de service connues peuvent être utilisées pour qualifier un autre

équipement soumis à des conditions égales ou moins sévères. L'applicabilité de ces données dépend de la capacité de la documentation à établir les conditions de service passées, les performances de l'équipement, et l'analogie par rapport à l'équipement à qualifier. Lorsque la qualification pour les EDD est requise, la démonstration du fonctionnement durant un ou des EDD identifiés doit faire partie du programme de qualification de l'équipement.

6.1.3 Analyse

L'analyse des données et des essais relatifs aux propriétés des matériaux, le niveau de qualité des matériels et leurs tenues aux conditions environnementales peuvent être utilisés pour compléter la démonstration de la qualification; cependant une qualification ne peut être acquise sur la seule base de l'analyse. Il convient que la qualification comprenne une évaluation logique, une évaluation des analogies ou un modèle mathématique valide de l'équipement à qualifier. Les bases de l'analyse incluent généralement les lois physiques, des résultats d'essais (incluant ceux collectés lors des essais de type réalisés sur des matériels prélevés sur site, voir 6.2.3, et des mesures d'indicateurs d'état) et du retour d'expérience.

6.1.4 Méthodes mixtes

Un équipement peut être qualifié par combinaison d'essais de type, du retour d'expérience et de l'analyse. Par exemple, si l'essai de type d'un ensemble complet n'est pas possible, l'essai de composants complété par analyse peut être utilisé.

6.2 Réévaluation de la durée de vie qualifiée

6.2.1 Généralités

La qualification environnementale peut fournir pour résultat une durée de vie qualifiée plus courte que la durée de vie utile prévue. Par exemple, la durée de vie qualifiée peut être limitée du fait de l'utilisation de faibles facteurs d'accélération du vieillissement pour atteindre une dégradation en service simulée réaliste durant la durée d'essai disponible. L'utilisation de ces faibles facteurs d'accélération de vieillissement peut avoir pour conséquence que l'état atteint par l'équipement en fin d'essai soit très différent de l'état de fin de durée de vie qualifiée requis et de fait limiter la durée de vie utile.

Les méthodes qui suivent peuvent être utilisées pour la réévaluation et l'extension de la durée de vie qualifiée. La méthode choisie doit être justifiée et son application doit être suffisamment documentée pour donner confiance en l'extension de la durée de vie qualifiée.

6.2.2 Méthode 1: Utilisation des conservatismes

L'évaluation des conservatismes dans les hypothèses originales sur les conditions environnementales, les critères de défaillance, les facteurs d'accélération peuvent révéler que les conditions réelles sont moins sévères que prévu et que la durée de vie qualifiée peut être ajustée. Cet ajustement ne doit pas se faire par consommation des marges décrites en 7.3.5. On doit considérer les limitations inhérentes à l'utilisation des facteurs d'accélération (par exemple l'extension des durées, la synergie des effets entre la température et les rayonnements, l'effet des débits de dose). Les modèles de vieillissement doivent être vérifiés de manière adéquate. Les conditions d'environnement doivent être évaluées de manière rigoureuse.

6.2.3 Méthode 2: Essais de type sur équipement prélevé dans l'installation

On doit installer des équipements qualifiés supplémentaires dans des conditions de service identiques aux conditions opérationnelles ou utiliser des équipements vieillis sur un site. On doit retirer l'équipement en service avant la fin de sa durée de vie qualifiée et montrer que ses fonctions de sûreté sont correctement réalisées durant le profil d'essais correspondant aux EDD après lui avoir fait subir un vieillissement pour établir une durée de vie qualifiée additionnelle.

6.2.4 Méthode 3: Essais de type pour une période qualifiée étendue

Une durée de vie qualifiée plus longue peut être obtenue pendant qu'un équipement qualifié est en service, soit en retirant un équipement du programme de qualification et en lui appliquant un vieillissement additionnel ou en commençant à faire vieillir un équipement neuf pendant la durée de service de l'équipement similaire. L'aptitude de l'équipement ainsi vieilli est ensuite démontrée par un succès lors des essais en conditions accidentelles.

6.2.5 Méthode 4: Remplacement de composant

Identifier les composants sensibles au vieillissement et les remplacer par de nouveaux composants identiques pour étendre la qualification. On doit prendre en compte le temps nécessaire pour disposer des composants de remplacement.

Cette méthode ne doit pas être utilisée si le démontage de l'équipement peut endommager ses performances en conditions opérationnelles (y compris en conditions accidentelles).

6.3 Surveillance d'état de dégradation

La surveillance de l'état de dégradation d'un équipement dans un but de qualification est basée sur un ou plusieurs indicateurs d'état pour déterminer si l'équipement reste qualifié. La tendance de l'évolution des indicateurs d'état doit être déterminée durant le vieillissement du spécimen à qualifier ou sur un autre spécimen similaire (même modèle, même matériaux, même fournisseur, même matériel/logiciel, etc.) soumis au même processus de vieillissement.

L'indicateur d'état doit être mesurable, présenter une évolution monotone en fonction du temps, être corrélé avec la capacité de réaliser les fonctions de sûreté dans les conditions correspondant aux EDD, être lié à la dégradation de l'équipement qualifié et présenter une évolution cohérente entre l'état neuf et l'état le plus dégradé de la qualification pré-accidentelle.

Le choix d'indicateurs d'état pertinents dépend de la technologie. De tels indicateurs ne peuvent pas toujours être définis en pratique, et ce même si leur identification serait bénéfique.

La qualification reposant sur la surveillance d'état de dégradation est un complément aux essais de type.

Pour utiliser la qualification reposant sur la surveillance d'état de dégradation, le processus de vieillissement doit être réalisé de façon incrémentale et les indicateurs d'état doivent être mesurés à chaque étape pour établir des données comparatives de ces mêmes indicateurs mesurés en exploitation. En particulier, on doit enregistrer le statut des indicateurs d'état en fin de vieillissement, avant de faire les essais dans les conditions accidentelles. Si le programme de qualification est déjà terminé, le processus de vieillissement peut être appliqué sur un autre exemplaire en réalisant les mesures incrémentales des indicateurs d'état. Comme les mesures des indicateurs d'état sont faites à une température particulière, d'autres mesures peuvent être nécessaires pour établir une corrélation entre le temps et la température. Les indicateurs d'état doivent bien représenter la dégradation de l'équipement, être directement corrélés au fonctionnement de celui-ci en conditions accidentelles et reliés directement au vieillissement atteint. Les variations mesurées doivent permettre de mettre en évidence le niveau de vieillissement et doivent être suffisamment cohérentes pour caractériser l'état qualifié. La méthode utilisée et les performances de la méthode de surveillance d'état doivent assurer un haut niveau de précision et de reproductibilité. Si les données relatives à l'état sont établies durant les essais de type, l'utilisateur peut choisir s'il établit la qualification pour une durée de vie qualifiée sur une méthodologie traditionnelle ou à partir de résultat provenant de la surveillance d'état. Si la qualification est obtenue à partir de la méthode de surveillance de l'état de l'équipement, celui-ci reste qualifié jusqu'à ce qu'il ait atteint un état final qui prend en compte les marges appelé condition de qualification.

La surveillance de l'état de dégradation de l'équipement doit être réalisée tout au long de la vie installée de l'équipement en adaptant sa périodicité. Lorsque l'équipement qualifié approche sa condition de qualification, la périodicité de surveillance peut être augmentée de sorte à déterminer si le vieillissement réel se produit à vitesse réduite, ce qui permettrait de justifier de la prolongation de l'exploitation de l'équipement.

La documentation de la méthode de qualification par surveillance d'état doit comprendre une description complète de la méthode d'essai, des limites à l'utilisation des résultats, et du processus de vieillissement utilisé.

NOTE Des méthodes portant sur la surveillance de l'état des équipements électriques importants pour la sûreté des centrales nucléaires de puissance sont disponibles dans la série de normes de IEC/IEEE 62582.

7 Programme de qualification

7.1 Généralités

Les éléments essentiels du programme sont décrits en 5.3. Le présent article fournit des détails supplémentaires concernant ces éléments.

7.2 Spécifications de l'équipement

7.2.1 Généralités

Les spécifications de l'équipement doivent fournir les informations essentielles concernant l'équipement à qualifier. Elles doivent contenir au minimum les points spécifiés en 7.2.2, 7.2.3, 7.2.4, 7.2.5, et 7.2.6. La documentation doit inclure les critères d'acceptation.

7.2.2 Identification de l'équipement

Une description technique de l'équipement à qualifier, y compris de ses performances et des normes applicables, doit être fournie. La description doit identifier l'équipement et décrire de manière aussi détaillée que nécessaire l'équipement et sa conception interne. Elle doit inclure les exigences fonctionnelles de l'appareil. Elle doit être suffisamment détaillée pour permettre d'établir le lien entre l'équipement qui a subi les essais et l'équipement installé. Les plans, la nomenclature et les détails qui fournissent les explications pour les composants/assemblage, les instructions, les manuels etc., doivent apparaître au niveau du détail de l'identification.

7.2.3 Interfaces

Les interfaces électriques (joints, dispositifs d'étanchéité, traversées) et mécaniques doit être spécifiées. Les interfaces entre les équipements électriques et mécaniques (par exemple le couplage mécanique entre un moteur et une vanne, ou la liaison électrique entre des équipements électriques interconnectés) doivent aussi être prises en compte.

La caractérisation des interfaces (par exemple: fixations physiques, montage, composants auxiliaires, prises (électriques ou mécaniques) permettant les branchements sur l'équipement de l'extérieur) doit être spécifiée. La puissance électrique ou les signaux de commande en entrée/sortie, les dispositifs d'alimentation (par exemples, prises, borniers) doivent être spécifiés. Les moyens de commande et d'affichage et les autres composants auxiliaires montés en interne ou en externe sur l'équipement et qui sont nécessaires pour qu'il fonctionne correctement doivent être inclus. Les incompatibilités de matériaux aux interfaces doivent être prises en compte et évaluées.

7.2.4 Objectif de durée de vie qualifiée

L'objectif de durée de vie qualifiée de l'équipement à qualifier doit être précisé.

7.2.5 Fonction(s) de sûreté

Les spécifications doivent identifier les fonctions de sûreté de l'équipement, y compris les exigences portant sur le temps de fonctionnement (durée et nombre de cycles de fonctionnement).

Les composants qui n'ont pas d'impact sur les fonctions de sûreté de l'équipement peuvent être exclus du processus de qualification, s'il peut être démontré et documenté que leurs éventuelles défaillances, y compris leurs fonctionnements intempestifs, n'ont pas d'effet dommageable sur les fonctions de sûreté de l'équipement, ou d'un autre équipement en interface, qu'elles n'induisent pas en erreur l'opérateur, et qu'elles n'entraînent pas la défaillance d'un autre équipement électrique important pour la sûreté.

Les exigences de performance doivent être spécifiées pour toutes les conditions où le fonctionnement de l'équipement est requis (situations normales, limites et accidentelles). Si des exigences enveloppes ne sont pas utilisées, des exigences de performance doivent être spécifiées en fonction des zones de la centrale où l'équipement sera installé. Ces caractéristiques de performance peuvent couvrir la gamme de tension, de fréquence, d'intensité, la précision et la stabilité de sortie, le temps de réponse, les interférences électromagnétiques et les autres caractéristiques électriques, telles que la résistance d'isolement, la tenue diélectrique. Si les spécifications de l'équipement comprennent des dispositions de conception, elles doivent être identifiées.

7.2.6 Conditions de service

7.2.6.1 Conditions de service normales et anormales

Les conditions de service de l'équipement doivent être spécifiées. Ces conditions doivent comprendre les valeurs nominales correspondantes et les durées prévues, ainsi que les valeurs extrêmes et les durées prévues associées. La liste non limitative suivante fournit des exemples:

- a) pression et température ambiante,
- b) humidité relative,
- c) rayonnement ambiant,
- d) vibrations sismiques et non sismiques,
- e) cycles de fonctionnement,
- f) charges électriques et signaux (tension/intensité et variations de fréquence),
- g) condensation, aspersion chimique, et submersion,
- h) IEM/IFR et surintensité.

7.2.6.2 Conditions de dimensionnement

Les conditions correspondant aux EDD identifiés, y compris la rupture de tuyauterie à haute énergie, l'accident de perte de réfrigérant primaire, la rupture des tuyauteries vapeur principales et/ou les phénomènes sismiques pris en compte pour la conception de la centrale, durant ou après lesquels l'équipement doit réaliser sa fonction de sûreté, doivent être spécifiées. L'équipement doit être qualifié pour la durée correspondant aux exigences de performance opérationnelles dans les conditions de chaque EDD applicable, ceci couvrant les périodes de fonctionnement requises après un EDD.

7.2.6.3 Conditions hors dimensionnement

Il est nécessaire de qualifier certains équipements à des conditions qui vont au-delà des conditions de dimensionnement prises à la conception de l'installation (par exemple, la perte d'alimentation générale de longue durée, les phénomènes naturels extrêmes et les accidents graves). Pour ces équipements des profils d'accidentels spécifiques à l'installation (extension

du domaine de dimensionnement) peuvent être utilisés pour établir des exigences de qualification particulières de composants.

Il convient que les conditions de dimensionnement et les extensions du domaine de dimensionnement soit réévaluées périodiquement en tenant compte d'évènement régionaux, du retour d'expérience international ou d'autres constatations.

Pour prendre en compte ces nouvelles situations, les points suivants doivent être considérés:

- identification des modifications à réaliser à la conception de l'installation pour limiter les conséquences liées à ces situations pour les équipements,
- les justifications à apporter prouvant que le programme de qualification existant couvre les nouvelles exigences ou, si ce n'est pas le cas, la réalisation d'un nouveau programme de qualification qui doit couvrir ces nouvelles conditions de service.

7.2.6.4 Conditions électromagnétiques

Les conditions d'environnement électromagnétiques au lieu d'installation de l'équipement important pour la sûreté doivent être spécifiées avant de définir le programme des essais de type. Il convient que ces spécifications comprennent des dispositions de conception suffisantes prenant en compte les sources d'IEM/IFR. La vérification que les conditions électromagnétiques sont moins sévères que celles spécifiées doit faire partie des activités d'installation des équipements et de mise en service de l'installation. Une attention particulière doit être portée en termes d'évaluation des contraintes électromagnétiques existantes pendant les activités de mise en service dans le cas de remplacement d'un équipement/composant.

7.3 Programme de qualification

7.3.1 Généralités

Un programme de qualification doit définir les essais, les surveillances, l'évaluation des performances, les critères d'acceptation et/ou une analyse pour démontrer que, lorsqu'il est appliqué, l'équipement est capable de réaliser sa ou ses fonctions de sûreté telles que spécifiées.

7.3.2 Vieillessement

La capacité d'un équipement important pour la sûreté à réaliser sa ou ses fonctions de sûreté peut être dégradée par des modifications dans le temps des conditions environnementales et opérationnelles. Le programme de qualification doit prendre en compte les effets du vieillissement et en évaluer l'impact sur l'équipement. Les techniques disponibles pour évaluer les effets du vieillissement font appel au retour d'expérience, aux essais, à l'analyse, à la surveillance en service, à la surveillance d'état et aux activités de maintenance.

Les facteurs de vieillissement suivants doivent être pris en compte:

- thermique (température et variations de température);
- humidité (degré d'humidité, condensation et submersion et corrosion);
- irradiation représentative de la dose cumulée à laquelle l'équipement sera soumis au cours de sa durée de vie utile prévue;
- mécanique (par exemple, cycle d'ouverture/fermeture de motorisation de robinetterie ou d'actionneur solénoïde, chocs due à des incidents de fonctionnement prévus, vibrations);
- électrique (charge électrique et variations temporelles incluant les transitoires comme les transitoires de tension, les conditions d'utilisation de l'équipement durant sa durée de vie installée comme le nombre de manœuvres, ou les cycles électriques).

7.3.3 Mécanismes de vieillissement significatifs

La conception de l'équipement, les fonctions, les matériaux et l'environnement liés à son application spécifiée doivent être passés en revue pour identifier les mécanismes potentiels significatifs de vieillissement. Un mécanisme de vieillissement est significatif si, suite à la fabrication, au stockage, et/ou aux conditions opérationnelles en situation d'exploitation, il entraîne une dégradation de l'équipement qui progressivement et de manière notable le rend vulnérable aux situations accidentelles de sorte qu'il ne soit plus en mesure d'accomplir la (ou les) fonction(s) de sûreté requises dans ces situations. Des exemples de mécanismes de vieillissement significatifs sont l'usure mécanique, l'oxydation, la dégradation des propriétés des matériaux.

Lorsqu'un mécanisme significatif de vieillissement est identifié, alors il doit être pris en compte dans le programme de qualification. Un vieillissement accéléré de l'équipement doit être inclus au programme de qualification, préalablement aux essais accidentels, de sorte à apprécier les effets du vieillissement sur l'aptitude de l'équipement à répondre à ses exigences en situations accidentelles.

Le vieillissement accéléré d'un équipement n'est pas requis préalablement aux essais aux conditions accidentelles s'il est justifié que l'équipement n'est pas sujet à des mécanismes significatifs de vieillissement.

7.3.4 Objectif de durée de vie qualifiée

L'objectif de durée de vie qualifiée doit s'appuyer sur un ensemble spécifié de conditions d'exploitation. Les conditions appliquées à l'équipement durant la période précédant sa mise en service doivent être prises en compte dès lors qu'un vieillissement significatif peut survenir. La durée de vie qualifiée peut être démontrée en soumettant un spécimen d'essai à un processus qui simule les effets d'un vieillissement significatif pouvant survenir pendant la durée de vie qualifiée visée. L'objectif de durée de vie qualifiée est complété par la détermination de l'état final visé de l'équipement (comme cela est décrit en 6.3) à partir de ses indicateurs d'état de dégradation qui sont corrélés à sa capacité de réaliser ses fonctions de sûreté. Dans ce cas, l'état final incluant les marges, sert de base à la qualification, et le temps pour atteindre cet état final peut être supérieur ou inférieur à la durée de vie qualifiée déterminée par le processus de vieillissement s'appuyant sur les conditions de service réelles.

7.3.5 Marges associées aux conditions de service

Des marges doivent être intégrées au programme de qualification. Cela tient compte de la possibilité d'incertitudes dans la démonstration des performances satisfaisantes, des écarts normaux en fabrication et des incertitudes dans les mesures et les appareils d'essai, fournissant ainsi l'assurance que l'équipement peut fonctionner dans des conditions de service défavorables.

L'augmentation de la sévérité des valeurs des paramètres d'essais, du nombre d'essais, ou de la durée des essais (mais pas nécessairement tout cela en même temps) est une méthode acceptable pour augmenter les marges lors des essais. Si les conditions de service spécifiées comprennent les marges requises, il n'est pas nécessaire de prendre des marges supplémentaires. Les recommandations portant sur les marges dans les essais aux conditions accidentelles sont fournies en 7.4.1.7.

Ces marges sont à conserver lorsqu'on applique les dispositions décrites en 6.2, pour réévaluer la durée de vie qualifiée.

7.3.6 Maintenance

La maintenance périodique ou les remplacements requis pendant la phase de vieillissement du programme de qualification doivent être identifiés.

La maintenance peut contribuer au vieillissement (par exemple fonctionnement de l'équipement durant les activités de maintenance).

Les activités de maintenance préventive planifiées pour l'exploitation de l'équipement (y compris pour le graissage, les changements de joints, etc.) doivent être prises en compte lorsqu'elles sont essentielles au maintien de la qualification.

7.3.7 Critères d'acceptation

Les valeurs des paramètres de performance et les autres critères utilisés pour démontrer que l'équipement peut réaliser sa ou ses fonctions de sûreté doivent être identifiés.

7.4 Mise en œuvre du programme de qualification

7.4.1 Essais de type

7.4.1.1 Généralités

Les essais de type doivent démontrer qu'un équipement important pour la sûreté satisfait ou surpasse les exigences relatives aux fonctions de sûreté. Les conditions associées aux essais de type doivent être équivalentes ou plus sévères que les conditions de service spécifiées. Des marges appropriées doivent être ajoutées aux paramètres associés aux EDD (voir 7.4.1.7) si elles n'ont pas été prises en compte dans les conditions de service spécifiées.

7.4.1.2 Plan d'essais

Le plan d'essais décrit les essais requis et doit comprendre les éléments suivants:

- a) description de l'équipement, nombre de spécimens, argumentaires de leur sélection pour le test, y compris les informations significatives telles que le fabricant, le ou les modèles, les versions matériel/logiciel (pour les composants programmés) et les numéros de série pour pouvoir identifier de façon univoque chaque spécimen;
- b) fonction(s) de sûreté de l'équipement devant être démontrée(s) ainsi que l'objectif de durée de vie qualifiée;
- c) exigences de montage, de raccordement et relatives aux autres interfaces;
- d) séquence d'essais et justification du choix de la séquence;
- e) procédure de vieillissement, y compris la surveillance de l'état durant le processus, si cela est requis;
- f) conditions de service spécifiées et marges ou niveau d'essais;
- g) performances et conditions environnementales à mesurer, y compris la précision des mesures;
- h) conditions de fonctionnement et séquence détaillée des mesures, y compris les exigences portant sur la surveillance;
- i) critères généraux d'acceptation (les critères d'acceptation finale sont spécifiques à chaque centrale, selon l'utilisation de l'équipement);
- j) maintenance/remplacement des composants pendant le vieillissement, le cas échéant;
- k) dispositions concernant le contrôle des modifications durant les essais;
- l) documentation requise;
- m) exigences d'assurance qualité.

7.4.1.3 Profils d'essais simulés

Des données suffisantes sur les conditions d'environnement doivent être fournis par le concepteur de l'installation pour permettre la simulation de profils de qualification aux conditions environnementale pour qualifier l'équipement. Le profil d'essais peut correspondre à un évènement particulier ou à l'enveloppe de plusieurs évènements de dimensionnement.

7.4.1.4 Montage

L'équipement doit être monté et positionné pour simuler l'installation telle que prévue sur le site. Si plusieurs positions sont possibles, alors le cas le plus pénalisant doit être choisi. Toute limite due au montage (par exemple l'orientation) doit être notée dans le rapport d'essai. La qualification de l'équipement monté différemment des configurations d'essai nécessite une analyse pour montrer que les performances de l'équipement ne sont pas altérées par aucun des écarts de montage.

7.4.1.5 Raccordements

L'équipement doit être raccordé (mécaniquement et électriquement) pour simuler l'installation prévue sur le site. La qualification de l'équipement raccordé différemment par rapport à l'essai nécessite une analyse pour montrer que les performances de l'équipement ne sont pas altérées par la différence de raccordement.

7.4.1.6 Surveillance

Durant les essais, l'environnement d'essais et les fonctions de sûreté de l'équipement doivent être surveillés en utilisant des appareils qui offrent une précision et une résolution permettant de détecter de façon significative les variations des paramètres.

Selon le cas, les mesures sur un équipement portent sur les caractéristiques environnementales, électriques, mécaniques, radiologiques, hydrauliques et de toutes autres fonctionnalités auxiliaires, telles que les fonctions des commutateurs et des circuits de retour, qui fournissent des signaux d'entrées à d'autres équipements importants pour la sûreté. Lorsque cela est pertinent, les équipements d'acquisition de données doivent être étalonnés conformément à des normes reconnues nationalement et/ou internationalement et une documentation doit être associée en support à un tel étalonnage. Les périodes d'échantillonnage doivent être choisies pour refléter le comportement en fonction du temps de chaque paramètre.

Les mesures réalisées durant les essais de type doivent être utilisées pour démontrer le caractère acceptable des fonctions de sûreté et pour mettre en évidence l'évolution des caractéristiques et de la dégradation de l'équipement apparaissant durant le programme d'essai.

7.4.1.7 Marges associées aux profils d'essai

Il est recommandé de prendre en compte les marges suivantes pour les conditions de services associées aux EDD. Elles ne sont pas applicables pour le processus de vieillissement (Tableau 1). D'autres marges peuvent être acceptables si elles sont correctement justifiées.

Tableau 1 – Marges minimales d'essai recommandées pour les EDD

Paramètre	Marge	Commentaire
Température	+8 °C	Appliquée à un pic de température
Pression	+10 %	Appliquée au profil d'un pic de pression NOTE Les marges portant sur la température et la pression doivent prendre en compte la relation de dépendance qui lie ces paramètres en présence de vapeur saturée.
Dose de rayonnements totale	+10 %	Appliquée à des accidents avec des doses de rayonnements
Caractéristiques électriques	±10 %	Tension d'alimentation électrique – marge à ajouter aux limites de conception de l'équipement
	±5 %	Fréquence – marge à ajouter à la valeur nominale
Durée de fonctionnement en exploitation	+10 %	Pourcentage de la valeur de la durée de fonctionnement requise de l'équipement suite au début de l'évènement
Vibrations sismiques	+10 %	Valeur à ajouter au niveau des exigences portant sur les accélérations sismiques au point de montage de l'équipement

7.4.1.8 Séquence d'essais

Les étapes des essais de type doivent être enchaînées suivant une séquence qui place le spécimen d'essai dans l'état de dégradation le plus pénalisant attendu en service en considérant toute sa durée de vie qualifiée, avant l'exposition à une situation accidentelle (EDD). Toutes les étapes de la séquence, à l'exception des essais IEM/IRF et des essais aux conditions limites (7.4.1.8.c), doivent être réalisées avec le même exemplaire d'essai.

Les essais de qualification d'un équipement programmé doivent être réalisés sur un équipement fonctionnel en utilisant une configuration (incluant le logiciel et les outils de diagnostic) représentative de celle utilisée en exploitation lorsqu'il est exposé aux conditions environnementales spécifiées. Durant les essais, il convient de solliciter toutes les portions de l'équipement programmé nécessaires pour réaliser la fonction de sûreté ou dont les défaillances pourraient nuire à la bonne réalisation des fonctions de sûreté. Une configuration représentative du système programmé doit être soumise aux essais de type. Il est préférable de tester le système programmé au complet. Lorsqu'en pratique il n'est pas possible de tester l'équipement au complet, le test des modules individuels doit comprendre une analyse des effets cumulatifs de l'environnement et des contraintes d'exploitation ainsi que de la réponse dynamique du système d'I&C aux conditions environnementales et opérationnelles les plus contraignantes.

Le spécimen doit être représentatif de l'équipement à installer, pour la conception, les matériaux et le procédé de fabrication. La cohérence avec les produits de série doit être assurée par un programme d'assurance qualité reconnu au niveau national. On doit dérouler les étapes suivantes:

- a) L'inspection doit identifier le spécimen et garantir qu'il est conforme aux spécifications et qu'il n'est pas endommagé.
- b) Les essais fonctionnels doivent être réalisés dans des conditions normales.
- c) Le spécimen doit être testé aux limites extrêmes de ses performances, de son fonctionnement, des pics de tension et des caractéristiques électriques selon les spécifications de l'équipement, sauf si ces données ont été établies par d'autres essais (par exemple essais de vérification de la conception) sur des équipements identiques ou similaires.

NOTE1 Des informations concernant les essais de susceptibilité aux IEM/IRF et aux pics de tension sont fournies l'IEEE Std 603 et dans l'IEC 62003. Pour des raisons pratiques, les essais de susceptibilité aux IEM/IRF et les essais fonctionnels en conditions limites d'utilisation peuvent être réalisés sur des spécimens d'essai séparés.

- d) Lorsque cela est requis, le spécimen doit être vieilli pour simuler ses capacités fonctionnelles en fin de durée de vie qualifiée. Les mesures faites pendant le vieillissement, ou les essais fonctionnels après le vieillissement, permettent de vérifier que le spécimen fonctionne correctement avant de continuer les essais. Si on réalise une surveillance d'état de dégradation, les mesures réalisées durant et après le vieillissement permettent de définir l'état final qualifié. Le spécimen doit être soumis à tous les mécanismes de vieillissement significatifs, y compris les vibrations mécaniques.

Si le programme de qualification établit seulement la durée de vie qualifiée, les expositions aux rayonnements pour un fonctionnement normal et pour un EDD peuvent être combinées pendant le processus de vieillissement si le seuil correspondant à une évolution homogène pendant le vieillissement est confirmé. Cependant, si on considère le vieillissement, une connaissance précise de l'état final après le vieillissement prenant en compte la seule irradiation normale est nécessaire.

- e) Si la qualification sismique est requise, le spécimen doit être soumis à des vibrations sismiques simulées correspondant au niveau de séisme de dimensionnement requis pour l'équipement, conformément à l'IEEE Std 344 ou à l'IEC 60980.

NOTE 2 Un événement sismique n'est pas susceptible de survenir en même temps qu'une grosse brèche sur le circuit primaire. La séquence d'essais décrite précédemment a plutôt été développée comme une base de qualification conservatrice et non comme séquence correspondant à une série particulière d'événements prévus sur la centrale.

- f) Le spécimen doit réaliser sa ou ses fonctions de sûreté requises pendant son exposition aux conditions accidentelles simulées, et pendant la durée de fonctionnement de l'équipement requise après l'accident. L'exposition aux rayonnements liés aux accidents peut avoir été prise en compte au niveau de l'étape d). La réalisation des fonctions de sûreté durant les essais doit être surveillée. On note que la ou les fonctions de sûreté peuvent être différentes suivant les différentes phases de l'accident.
- g) Après les essais, une inspection doit être réalisée sur le spécimen et tous les points non conformes doivent être enregistrés.

7.4.1.9 Vieillissement

7.4.1.9.1 Généralités

On doit réaliser l'évaluation des effets du vieillissement sur l'équipement en relation avec le programme d'essais de type pour déterminer si le vieillissement a un effet significatif sur sa capacité à réaliser sa fonction de sûreté. Les types de vieillissement incluent mais ne sont pas limités à la température, aux rayonnements, à l'humidité, à l'usure et aux vibrations. L'évaluation doit identifier les effets potentiels significatifs du vieillissement sur les performances de l'équipement pendant un EDD considéré. Lorsqu'on a identifié les effets significatifs du vieillissement, l'essai de type doit comprendre un processus de vieillissement approprié.

7.4.1.9.2 Vieillissement naturel

L'utilisation d'un spécimen vieilli naturellement est une méthode qui évite d'identifier les mécanismes significatifs de vieillissement. Les équipements vieillis naturellement peuvent être utilisés pour les essais de type si:

- L'équipement a fonctionné dans des conditions de service, de charge et d'environnement au moins aussi sévères que celles prévues pour l'application et qu'une documentation suffisante existe.
- Des enregistrements documentaires concernant l'exploitation et la maintenance/remplacement sont disponibles.

Pour un équipement situé en environnement d'utilisation peu sévère le vieillissement naturel peut être complété par une analyse ou par un vieillissement accéléré, ou par les deux, en prenant en compte les différences existant entre les conditions de service spécifiées et celles correspondant au vieillissement naturel pour justifier la durée de vie qualifiée du spécimen.

7.4.1.9.3 Vieillissement accéléré

Le vieillissement est un procédé qui reproduit aussi précisément que possible sur le spécimen la dégradation de l'équipement par les mécanismes significatifs de vieillissement pendant une durée de service donnée. Ce procédé revient à soumettre l'exemplaire à des contraintes de service simulées, typiquement thermiques, à l'humidité, aux rayonnements, à l'usure et aux vibrations à des amplitudes ou des variations plus importantes que celles prévues pendant l'exploitation, mais moins élevées que les niveaux qui entraîneraient des mécanismes de vieillissement non observables en service normal.

L'objectif du processus de vieillissement est de porter le spécimen à l'état de dégradation le plus avancé envisageable pendant la durée de vie qualifiée, avant la survenance d'un EDD. Il convient que la séquence du processus de vieillissement prenne en compte les effets liés à la mise en série, à la concomitance et à la synergie des étapes pour atteindre l'état dégradé le plus pénalisant attendu. Pour une qualification par surveillance d'état, il convient de mesurer les indicateurs d'état au début, durant et à la fin du processus de vieillissement de façon à confirmer et documenter la variation monotone des indicateurs d'état.

La méthode d'Arrhenius est acceptable dans les essais de type pour accélérer les effets de vieillissement selon une relation temps et température. Le vieillissement thermique, considérant la durée d'exploitation de l'équipement sous les conditions de températures maximales escomptées en situation d'exploitation, doit être réalisé en utilisant les lois applicables décrivant le processus de dégradation thermique des composants de l'équipement. La sélection du modèle, la définition des paramètres de vieillissement ainsi que les performances utilisées lors de l'essai de vieillissement thermique doivent être décrites et justifiées dans le programme d'essai. Les limites relatives aux matériaux utilisées et les potentiels effets d'accélération doivent être identifiés et pris en compte lors de la sélection des paramètres d'essais de vieillissement thermique. Il n'est pas acceptable de dépasser les seuils de température qui induirait des changements qualitatifs dans les propriétés chimiques et physiques.

L'augmentation des débits de dose, en restant dans les limites prévues pour l'équipement, est une méthode acceptable pour accélérer la dégradation due aux rayonnements. Il convient que le débit de dose utilisé pour le vieillissement lié aux rayonnements soit le plus faible possible tout en restant dans des coûts et à des délais raisonnables. On peut trouver des informations sur la surveillance d'état et sur l'évaluation du vieillissement dans les normes IEEE Std 1205-2014, IEC 62342 et IEC/IEEE 62582-1. Le vieillissement par exposition aux rayonnements doit être réalisé sur tous les matériaux et tous les composants pour lesquels l'exposition aux rayonnements est une cause significative de dégradation. Il convient de considérer les semi-conducteurs et les polymères comme sensibles au débit de dose et à l'échauffement. L'utilisation d'équipement programmé dans le bâtiment réacteur est généralement à proscrire du fait de leur sensibilité à l'irradiation.

Lorsque les dimensions de l'équipement sont trop importantes pour que les installations d'irradiation disponibles puissent le recevoir, il est permis de déposer les composants sensibles aux rayonnements et de les soumettre au vieillissement comme des équipements individuels (avant de les remonter), si ces composants et leur configuration sont considérés comme les éléments pertinents du contenu de l'équipement pour simuler les conditions de service réel. Ceci doit être fait avec l'accord de l'acheteur et correctement justifié en ce qui concerne les interfaces du composant et les conditions d'utilisation (auto-chauffage, etc.). Lorsqu'on détermine la dose et le débit de dose pour le vieillissement par les rayonnements, ou bien la température pour le vieillissement thermique, il convient de prendre en compte les effets liés à l'oxydation et à la diffusion gazeuse. Pour le vieillissement par les rayonnements, il est toujours préférable d'appliquer une dose totale supérieure à la dose attendue pour la

durée de vie utile, de façon à disposer d'une marge pour prendre en compte tous ces éléments.

Une accélération précise du vieillissement dépend de la connaissance détaillée des facteurs qui ont une influence sur l'équipement et des synergies qui apparaissent entre les facteurs d'influence. Cela nécessite aussi une évaluation correcte des processus de vieillissement dominants dans chacun des cas particuliers. Cela veut dire que le choix des essais de vieillissement peut être difficile à faire et que les tentatives pour obtenir une accélération du vieillissement élevée comportent des risques d'erreurs significatifs. Le risque de surestimation de la durée de vie qualifiée ou de l'état qualifié dû à la diffusion limitée pour les effets d'oxydation liés à l'application de températures ou de débits de dose excessifs dépend du matériau considéré. Ainsi, le besoin de compenser par des conservatismes au niveau du choix des doses totales et des calculs des durées de vie qualifiée et des marges pour l'état qualifiés dépend des matériaux.

La limitation de la diffusion gazeuse pour des débits de dose et des températures élevés peut avoir une influence sur l'oxydation des parties internes des composants et des matériaux. Il convient de prendre cela en compte pour déterminer la durée de vie qualifiée et l'état qualifié.

Il convient de prendre en compte certaines synergies potentielles. Pour des essais combinant les conditions environnementales de vieillissement, il faut prendre des dispositions pour vérifier que l'accélération des essais, comparée à l'état opérationnel réel, ne modifie pas les résultats obtenus du fait de la combinaison. Les essais de vieillissement en série, pour lesquels chaque essai met en œuvre seulement une seule des conditions de vieillissement considérées doivent être réalisés dans le cadre d'une séquence conservative qui maximise l'effet de vieillissement.

Un équipement important pour la sûreté doit être soumis à des cycles de fonctionnement pour simuler le vieillissement mécanique et électrique des composants à tester. Les cycles de fonctionnement définis au cours du processus de conception comme activant les mécanismes significatifs de vieillissement mécanique et électrique doivent être réalisés avant les essais sismiques. Il convient de réaliser le vieillissement par usure avec les charges électriques prévues, sauf à justifier le bien-fondé d'une approche alternative. L'équipement et les composants dont les capacités sismiques peuvent être réduites du fait de l'usure doivent être identifiés et leur intervalle de remplacement spécifié dans la documentation de qualification.

Les vibrations non sismiques pouvant provoquer une dégradation significative (par exemple la fatigue, l'usure) durant l'utilisation normale ou anormale des composants à tester, doivent être prises en compte pour la séquence de vieillissement avant de réaliser les essais sismiques. Les vibrations à prendre en compte comprennent les vibrations auto-induites, les vibrations relatives aux tuyauteries, aux pompes et aux moteurs, ainsi que les autres vibrations telles que celles liées aux charges hydrodynamiques.

Durant le processus de vieillissement de l'équipement, il convient que celui-ci soit mis sous tension comme pour le fonctionnement normal et de le vérifier périodiquement. Si l'équipement n'est pas en permanence sous tension, on doit justifier le fait que l'échauffement de l'équipement dû à la mise sous tension est pris en compte et que les précautions appropriées ont été prises lors de la conception pour limiter cet échauffement.

7.4.1.10 Essais en conditions accidentelles

Les essais en conditions accidentelles doivent être réalisés sur un ou des spécimens vieillis. L'équipement doit être soumis à un profil d'essai qui enveloppe spécifiquement le profil du site ou un profil générique de conception, pour les APRP, les RTHE et les RTV, tels qu'applicables. Un profil accidentel différent peut être nécessaire pour réaliser la qualification pour les conditions hors dimensionnement. Il est permis de simuler un accident en réalisant des essais séparés en séquence sur le même spécimen, en respectant l'ordre suivant:

- phénomènes et risques naturels et externes considérés comme des EDD (par exemple les tremblements de terre, les chutes d'avion),

- accidents dus aux rayonnements (à moins que cela n'ait été réalisé durant le vieillissement avec rayonnements),
- simulation thermodynamique des EDD par injection de vapeur sous pression et aspersion chimique lorsque cela est requis,
- conditions post-accidentelles des EDD (température, pression, humidité, aspersion chimique, submersion et ceci pour les durées telles qu'applicables).

Durant les essais liés aux EDD et aux conditions post-EDD, l'équipement doit être alimenté de façon représentative et doit être surveillé pour démontrer ses capacités à réaliser sa ou ses fonctions de sûreté. Les conditions chimiques d'essai doivent être définies. Les sources potentielles de produits chimiques incluent le circuit primaire du réacteur et l'aspersion enceinte.

Un profil d'essai en double pics (EDD avec le même profil d'amplitude de température) n'est pas requis, mais peut être utilisé à la place d'un profil simple pic pour augmenter la sévérité de l'essai correspondant à l'EDD. L'utilisation du profil d'essai en double pics enveloppant tous les profils de conditions de service est une approche acceptable si les marges appropriées sont déjà comprises dans les conditions de service associées à l'EDD telles que requises en 7.4.1.7.

7.4.1.11 Critères d'acceptation

On doit démontrer que l'équipement peut réaliser de façon correcte sa ou ses fonctions de sûreté dans les conditions de service identifiées (normales, anormales, accidentelles).

La qualification est obtenue si l'équipement a réussi à satisfaire aux critères d'acceptation sur la base des relevés de mesures et des inspections faites au cours du programme d'essais. Les résultats d'essais et d'analyses doivent être documentés de façon à pouvoir être l'objet d'audits.

Toute défaillance à satisfaire les critères d'acceptation doit être analysée pour déterminer l'impact sur la qualification, les mesures compensatoires, ou les modifications potentiellement nécessaires à apporter à l'équipement ou les limites à imposer pour son exploitation.

7.4.1.12 Inspection

Des inspections doivent être réalisées au début et pendant la séquence d'essais pour garantir que le ou les spécimens ne sont pas endommagés du fait du transport et de la manutention et pour en vérifier la conformité avec les spécifications. Il convient que des précautions appropriées soient prises si des démontages sont nécessaires pour réaliser correctement les inspections. La description de l'état physique de l'équipement doit faire partie de la documentation de qualification. Les conditions d'isolement électrique, de graissage, l'état des parties mécaniques, des supports, des contacts électriques, du câblage, des engrenages, des liaisons et des autres composants associés doivent être notés.

A la fin des essais de type, l'équipement doit être visuellement inspecté, y compris en démontant l'équipement si ceci est requis, et une description de son état physique et la vérification de sa capacité fonctionnelle doivent faire partie de la documentation de qualification.

7.4.2 Retour d'expérience en exploitation

7.4.2.1 Généralités

Des parties ou l'intégralité du programme de qualification de l'équipement peuvent être satisfaites sur la base du retour d'expérience documenté des équipements en exploitation. On peut prononcer la qualification d'un équipement aux conditions d'environnement si un équipement identique ou similaire a fonctionné avec succès dans des conditions de service au moins aussi sévères que celles prévues pour le nouvel équipement. Si les données

concernant le retour d'expérience en exploitation ne couvrent pas entièrement l'objectif de durée de vie qualifiée alors des essais complémentaires sont requis. L'analogie de l'équipement en service par rapport au nouvel équipement doit être établie. Les différences entre les conditions de service et les différences entre les équipements doivent être évaluées et justifiées. La documentation doit contenir les résultats de mesure ou la détermination des caractéristiques des performances requises dans le programme de qualification, les enregistrements d'essai, et les analyses de défaillance. Les évolutions observées pendant le fonctionnement et la description de la maintenance périodique (y compris les ajustements, les modifications et les étalonnages) et des inspections doivent faire partie de la documentation. La documentation doit aussi traiter des lieux physiques pour l'implantation et des dispositions de montage de l'équipement sur l'installation opérationnelle.

7.4.2.2 Historique opérationnel

Les données relatives à l'historique opérationnel pouvant faire l'objet d'un audit, dans le cadre d'une qualification reposant sur le retour d'expérience en exploitation doivent inclure les éléments suivants:

- a) La vérification que l'équipement auquel est associé le retour d'expérience en exploitation est le même que l'équipement à qualifier, ou que les différences ne limitent pas de façon non acceptable la capacité de l'équipement à réaliser sa ou ses fonctions de sûreté.
- b) Un enregistrement documentaire établissant que l'équipement auquel est associé le retour d'expérience en exploitation a été exposé à des conditions environnementales et de service au moins aussi sévères que celles pour lesquelles l'équipement à qualifier doit fonctionner et doit réaliser de façon satisfaisante sa ou ses fonctions requises.

7.4.2.3 Qualification basée sur le retour d'expérience en exploitation

Le retour d'expérience en exploitation peut être la base principale de la qualification seulement si la documentation de qualification comprend des données pouvant faire l'objet d'un audit qui montrent la capacité de l'équipement à réaliser de façon satisfaisante sa ou ses fonctions de sûreté dans des conditions au moins aussi sévères que les conditions de service normales, anormales et accidentelles prévues avec des marges appropriées. L'utilisation des données relatives au retour d'expérience en exploitation d'un équipement réalisant des fonctions non classées de sûreté peut être aussi acceptable si cela est justifié d'une façon appropriée. La détermination de la durée de vie qualifiée doit évaluer la durée de fonctionnement de l'équipement dans des conditions de service normales et anormales avant un EDD (si l'EDD est simulé, les exigences portant sur les essais de type s'appliquent pour l'essai). La durée de vie qualifiée pour l'équipement à qualifier doit reposer sur l'analyse des conditions de service correspondant à l'historique opérationnel de l'équipement par rapport aux conditions de service prévues pour l'équipement à qualifier.

7.4.3 Qualification par analyse

Les méthodes d'analyse peuvent être utilisées pour compléter la démonstration de qualification. Les techniques analytiques sont limitées pour de nombreux types d'équipements, et l'analyse complétée par des données d'essai ou le retour d'expérience en exploitation est habituellement nécessaire pour réaliser un programme de qualification complet. La technique utilisée doit être justifiée.

L'extrapolation et l'interpolation sont des techniques analytiques qui peuvent être utilisées pour qualifier un équipement en étendant la validité des données d'essai. L'extrapolation ou l'interpolation des conditions de service nécessitent une analyse reposant sur des principes physiques établis. Cela revient à établir le caractère satisfaisant des performances pour des conditions de service, en partant d'une condition de service spécifiée et en la faisant varier jusqu'à une condition de service différente.

L'analogie d'équipement consiste à démontrer l'équivalence entre l'équipement à qualifier et l'équipement précédemment qualifié. La qualification de l'équipement se justifie en réalisant

cette démonstration et en utilisant les résultats des essais de type réalisés sur l'équipement similaire. Les équipements similaires doivent être conçus et fabriqués par la même organisation sous un programme d'assurance qualité reconnu. Si des différences significatives existent, il peut ne pas être possible de démontrer l'analogie par analyse.

Pour établir l'analogie entre des équipements, les exigences suivantes doivent être au minimum satisfaites:

- Les matériaux de construction, les processus de conception et de fabrication et les fonctions électriques et mécaniques doivent être les mêmes ou équivalentes. On doit montrer que les différences ne dégradent pas les performances de la ou des fonctions de sûreté, et qu'elles n'introduisent pas de nouveaux mécanismes de défaillance.
- Les dimensions physiques peuvent varier si la configuration de base reste la même et si les rapports de proportion des dimensions sont connus. On doit considérer des facteurs tels que les effets thermiques au niveau des différentes zones de surface, des composants plus minces ou de taille réduite et les effets sismiques liés aux différentes masses, au centre de gravité et aux modes de résonance.
- La forme de l'équipement doit être la même ou similaire (du fait de la réduction de taille), et aucune différence ne doit dégrader les performances de la ou des fonctions de sûreté et ceci pour toutes les conditions de service (y compris les conditions accidentelles).
- L'exploitation et les conditions opérationnelles (normales, anormales et accidentelles) du nouvel équipement doivent être égales ou inférieures à celles appliquées à l'équipement déjà qualifié.
- L'installation qui comprend, mais sans s'y limiter, le montage, les interfaces, les joints et les raccordements électriques, doit être identique ou des justifications appropriées doivent être fournies s'il y a des différences.
- Les mécanismes de vieillissement applicables à l'équipement comprennent ceux qui sont applicables à l'équipement similaire.
- La ou les fonctions importantes pour la sûreté doivent être les mêmes (par exemple mise sous tension pour fonctionner ou mise hors tension pour fonctionner).

7.4.4 Modifications

Les modifications apportées à l'équipement ou aux bases sur lesquelles repose la qualification, pendant ou après la fin du programme de qualification doivent être évaluées pour déterminer si des compléments de qualification sont nécessaires. Les modifications de l'équipement, comprennent les changements de conception, de matériaux, de processus de fabrication, jeux, de graissage, ou des conditions de montage. Toute modification d'un équipement doit être tracée dans un document unique référençant les justifications permettant de considérer la modification comme acceptable eu égard à l'objectif de qualification. Les modifications de la base de qualification comprennent les changements aux fonctions de sûreté de l'équipement, aux critères d'acceptation, aux contraintes diélectriques, aux contraintes mécaniques, aux conditions de service prévues ou dans le cas d'une extension de la durée de vie de l'installation. Tout changement de conception doit être fait en respectant le processus de vérification et de validation pour le matériel, le logiciel et le système, conformément aux normes nucléaires et en respectant le classement de sûreté de l'équipement.

Si l'évaluation conclut que les compléments de qualification ne sont pas requis, l'évaluation y compris les données associées sur lesquelles repose la qualification, doit être intégrée dans la documentation de qualification. Sinon, les compléments de qualification doivent être réalisés pour vérifier et documenter le fait que l'équipement est qualifié. Les preuves correspondantes (par exemples, résultat d'essais complémentaires, analyses) doivent être ajoutées à la documentation de qualification originale.

8 Documentation

8.1 Généralités

La documentation doit être maintenue pour la durée de vie qualifiée de l'équipement, sa durée de vie installée ou lorsqu'il est stocké sur le site pour une utilisation future.

La documentation de qualification doit fournir les preuves que l'équipement important pour la sûreté est qualifié pour son application, qu'il satisfait aux exigences de spécification, et que sa durée de vie qualifiée et sa surveillance périodique, sa maintenance et/ou son intervalle de surveillance d'état sont définis. Les données utilisées pour démontrer la qualification de l'équipement doivent être pertinentes pour l'application et doivent être organisées d'une façon lisible et traçable qui autorise la réalisation d'audits indépendants des conclusions présentées.

Pour les systèmes numériques, les profils de test doivent être décrits en détail pour démontrer la couverture suffisante des tests par rapport aux performances fonctionnelles (par exemple le temps de réponse, la précision) et aux performances électriques.

8.2 Exigences générales de documentation

Pour un équipement important pour la sûreté dont le fonctionnement est nécessaire, les éléments suivants doivent faire partie de la documentation:

- a) identification de l'équipement à qualifier, y compris le fabricant, le modèle, la version matériel/logiciel (pour les composants programmable) et la famille de modèle;
- b) identification de la ou des fonctions importantes pour la sûreté et description des exigences fonctionnelles;
- c) identification des considérations d'installation et des exigences de montage, orientation, interfaces and fixations aux tuyauteries;
- d) identification des conditions environnementale d'exploitation, incluant celles résultant d'incidents de fonctionnement prévus (température, pression, radiation, humidité relative, immunité et compatibilité électromagnétique, transitoires de puissance, et cycles en opération) et des événements de dimensionnement et situations accidentelles pour lesquels l'équipement est qualifié;
- e) évaluation des mécanismes significatifs de vieillissement et de la méthode utilisée pour les prendre en compte dans le programme de qualification;
- f) identification des résultats des essais de tenue au séisme;
- g) identification de l'état qualifié de l'équipement et son fondement, le cas échéant;
- h) identification de toutes activités de surveillance programmées, de maintenance, d'essais périodiques, ou de remplacement de composants pour maintenir la qualification;
- i) synthèse et conclusions, faisant état des limites et des réserves, de la durée de vie qualifiée/installée et de toute définition d'intervalle de maintenance/surveillance périodique;
- j) justification de l'acceptabilité des modifications, le cas échéant;
- k) identification des résultats du programme de vieillissement (si des mécanismes de vieillissement existent);
- l) si des essais sont nécessaires:
 - 1) identification et description de la méthode de qualification utilisée;
 - 2) identification du spécimen de l'équipement;
 - 3) identification des critères d'acceptation et des résultats fonctionnels et de performances;

- 4) identification de la séquence d'essais et justification des conservatismes associés à la séquence choisie (par exemples, sévérité des essais, utilisation d'une séquence d'essais de vieillissement en lieu et place d'essais simultanés);
- 5) justification de la représentativité du spécimen par rapport à l'équipement à qualifier;
- 6) évaluation des anomalies d'essai, incluant les conséquences sur la qualification;
- 7) essais de fonctionnement normal et limite incluant les incidents de fonctionnement prévus ou justification de conformité pour les environnements non sévères.

8.3 Exigences de documentation spécifiques pour les environnements peu sévères

Pour un équipement important pour la sûreté dont le fonctionnement est nécessaire en environnement peu sévère, les éléments additionnels suivants doivent faire partie de la documentation:

- a) Programme de maintenance et de surveillance reposant sur les recommandations du vendeur complété par le retour d'expérience d'exploitation.

8.4 Exigences de documentation spécifiques pour les environnements sévères

Pour un équipement important pour la sûreté dont le fonctionnement est nécessaire en environnement sévère, les éléments additionnels suivants doivent faire partie de la documentation:

- a) identification de la configuration d'essais (si des raccordements dans la chambre d'essai sont soumis aux effets de la simulation d'accident);
- b) identification et description de la méthode de qualification utilisée;
- c) identification des résultats d'essais d'irradiation en identifiant le type de radiation, le débit de dose et la dose cumulée;
- d) identification des résultats d'essais aux conditions accidentelles (EDD et extension du domaine de dimensionnement si l'équipement est requis dans ces conditions), y compris pour ce qui concerne la température en fonction du temps, la pression en fonction du temps, l'humidité, l'aspersion par produits chimiques, l'aspersion par de l'eau, les charges électriques, les charges mécaniques, la tension et la fréquence appliquées, et la submersion;
- e) identification des marges retenues, pour les pics de température et de pression, pour les rayonnements, pour la tension d'alimentation électrique, pour le temps de fonctionnement, et pour le niveau de séisme;
- f) justification de l'extension de la durée de vie qualifiée, le cas échéant.

Bibliographie

IAEA TECDOC-932, *Pilot Study on the Management of Ageing of Instrumentation and Control Cables*, Results of a Co-coordinated Research Program 1993–1995

Glossaire de sûreté de l'AIEA, *Terminologie employée en sûreté nucléaire et radioprotection*, édition 2007

Normes de sûreté de l'AIEA, No. SSR-2/1 (2012), *Prescriptions de sûreté particulières, Sûreté des centrales nucléaires: Conception*

IAEA Series No. NP-T-3.6, *Assessing and Managing Cable Aging in Nuclear Plants*

IEEE Std 7-4.3.2TM-2010, *IEEE Standard Criteria for Digital Computers in Safety Systems of Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 98TM-2002, *IEEE Standard for the Preparation of Test Procedures for the Thermal Evaluation of Solid Electrical Insulating Materials*

IEEE Std 99TM-2007, *IEEE Recommended Practice for the Preparation of Test Procedures for the Thermal Evaluation of Insulation Systems for Electric Equipment*

IEEE Std 101TM-1987 (Reaff 1995), *IEEE Guide for the Statistical Analysis of Thermal Life Test Data*

IEEE Std 317TM-2013, *IEEE Standard for Electric Penetration Assemblies in Containment Structures for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 334TM-2006, *IEEE Standard for Qualifying Continuous Duty Class 1E Motors for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 382TM-2006, *IEEE Standard for Qualification of Safety Related Actuators for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 383TM-2003, *IEEE Standard for Qualifying Class 1E Electric Cables and Field Splices for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 420TM-2013, *IEEE Standard for the Design and Qualification of Class 1E Control Boards, Panels, and Racks Used in Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 535TM-2006, *IEEE Standard for Qualification of Class 1E Lead Storage Batteries for Nuclear Power Generating Station*

IEEE Std 572TM-2006, *IEEE Standard for Qualification of Class 1E Connection Assemblies for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 603TM-2009, *IEEE Standard Criteria for Safety Systems for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 628TM-2011, *IEEE Standard Criteria for the Design, Installation, and Qualification of Raceway Systems for Class 1E Circuits for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 638TM-1992 (Reaff 1999), *IEEE Standard for Qualification of Class 1E Transformers for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 649TM-2006, *IEEE Standard for Qualifying Class 1E Motor Control Centers for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 650TM-2006, *IEEE Standard for Qualification of Class 1E Static Battery Chargers and Inverters for Nuclear Power Generating Stations*

IEEE Std 943TM-1986 (Reaff 1992), *IEEE Guide for Aging Mechanisms and Diagnostic Procedures in Evaluating Electrical Insulation Systems*

IEEE Std 1064TM-1991, *IEEE Guide for Multifactor Stress Functional Testing of Electrical Insulation Systems*

IEEE Std 1205TM-2014, *IEEE Guide for Assessing, Monitoring, and Mitigating Aging Effects on Electrical Equipment Used in Nuclear Power Generating Stations and Other Nuclear Facilities*

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

IEC 60068-2-11, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-11: Essais – Essai Ka: Brouillard salin*

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

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

IEC 60068-2-30, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

IEC 60068-2-57, *Essais d'environnement – Partie 2-57: Essais – Essai Ff: Vibrations – Méthode par accélérogrammes et sinusoïdes modulées*

IEC 60068-3-3, *Essais d'environnement – Partie 3-3: Guide – Méthodes d'essais sismiques applicables aux matériels*

IEC 60216-1, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 1: Méthodes de vieillissement et évaluation des résultats d'essai*

IEC 60216-2, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 2: Détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Choix de critères d'essai*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60544-2, *Matériaux isolants électriques – Détermination des effets des rayonnements ionisants sur les matériaux isolants – Partie 2: Méthodes d'irradiation et d'essai*

IEC 60811-412, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 412: Essais divers – Méthodes de vieillissement thermique – Vieillissement dans une bombe à air*

IEC 61000-4 (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure*

IEC 62003, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Exigences relatives aux essais de compatibilité électromagnétique*

IEC 62342, *Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande importants pour la sûreté – Gestion du vieillissement*

IEC/IEEE 62582 (toutes les parties), *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Méthodes de surveillance de l'état des matériels électriques*

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