



IEEE

IEC/IEEE 60980-344

Edition 1.0 2020-10

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Nuclear facilities – Equipment important to safety – Seismic qualification

Installations nucléaires – Équipements importants pour la sûreté – Qualification sismique

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.120.10; 27.120.20

ISBN 978-2-8322-4841-6

**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.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	11
2 Normative references	11
3 Terms and definitions	11
4 Abbreviated terms	19
5 General discussion of earthquake environment and equipment response.....	20
5.1 General.....	20
5.2 Earthquake environment	20
5.3 Equipment on foundations.....	20
5.4 Equipment on structures	20
5.5 Interfaces and adverse interactions.....	21
5.6 Simulating vibration induced by an earthquake	21
5.6.1 General	21
5.6.2 Response spectrum	21
5.6.3 Time history.....	22
5.6.4 PSD function	22
5.7 Damping	22
5.7.1 General	22
5.7.2 Measurement of damping	23
5.8 Application of damping.....	23
5.8.1 General	23
5.8.2 Application of damping in testing	23
5.8.3 Application of damping in analysis	24
6 Seismic qualification requirements.....	24
6.1 General.....	24
6.2 Specification of equipment to be qualified	25
6.3 Specification of ageing condition.....	25
6.4 Specification of seismic requirements	25
6.5 Specification of acceptance criteria.....	25
7 Seismic qualification approach	26
7.1 Safety function.....	26
7.2 Seismic qualification methods	26
8 Ageing.....	27
8.1 General.....	27
8.2 Thermal ageing.....	28
8.3 Radiation ageing.....	28
8.4 Material degradation and corrosion	28
8.5 Mechanical or electrical cycle ageing	28
8.6 Vibration ageing.....	28
8.6.1 General	28
8.6.2 Ageing from non-seismic vibration conditions	29
8.6.3 Hydrodynamic loads	29
8.6.4 Seismic ageing (OBE/S1)	29
9 Testing	29
9.1 General.....	29

9.1.1	Test programme	29
9.1.2	Mounting	31
9.1.3	Monitoring	31
9.1.4	Loading	31
9.1.5	Refurbishment	32
9.1.6	Exploratory tests.....	32
9.1.7	Seismic ageing (OBE/S1)	34
9.2	Proof and generic testing	34
9.3	Fragility testing	35
9.4	Component testing.....	35
9.5	Assembly testing.....	35
9.5.1	General	35
9.6	Test methods	36
9.6.1	General	36
9.6.2	Single-frequency test.....	37
9.6.3	Multiple-frequency tests.....	40
9.6.4	Other tests.....	45
9.6.5	Test duration and low-cycle fatigue potential	45
9.6.6	Multi-axis tests	45
9.6.7	Line-mounted equipment	47
9.6.8	Additional tests.....	48
9.7	Test documentation	48
10	Qualification by similarity.....	48
10.1	General.....	48
10.2	Excitation.....	48
10.3	Physical systems	48
10.4	Safety function.....	49
11	Analysis.....	49
11.1	General.....	49
11.2	Seismic analysis methods	50
11.2.1	General	50
11.2.2	Static analysis	51
11.2.3	Static coefficient analysis	51
11.2.4	Dynamic analysis.....	51
11.3	Nonlinear equipment response.....	52
11.4	Other dynamic loads	52
11.5	Seismic analysis results	52
11.6	Documentation of analysis	53
12	Combined analysis and testing	53
12.1	General.....	53
12.2	Modal testing	53
12.2.1	General	53
12.2.2	Normal-mode method	53
12.2.3	Transfer-function method.....	54
12.2.4	Analytical methods utilizing test data	54
12.2.5	Qualification	54
12.3	Extrapolation for similar equipment	54
12.3.1	General	54
12.3.2	Test method	54

12.3.3	Analysis.....	55
12.4	Shock testing.....	55
12.5	Extrapolation for multi-cabinet assemblies.....	55
12.6	Other test/analysis.....	55
13	Documentation.....	56
13.1	General.....	56
13.2	Seismic qualification report.....	56
13.2.1	General.....	56
13.2.2	Analysis.....	56
13.2.3	Testing.....	56
13.2.4	Combined analysis and testing or similarity.....	57
Annex A (normative)	Experience-based seismic qualification.....	58
A.1	General.....	58
A.2	Earthquake experience data.....	58
A.2.1	General.....	58
A.2.2	Characterization of the earthquake experience motions.....	58
A.2.3	Earthquake experience spectrum (EES).....	59
A.2.4	Characterization of reference equipment class.....	59
A.2.5	Qualification of candidate equipment.....	61
A.3	Test experience data.....	62
A.3.1	General.....	62
A.3.2	Characterization of test experience input motions.....	62
A.3.3	Test experience spectra (TES).....	62
A.3.4	Characterization of reference equipment class.....	63
A.3.5	Qualification of candidate equipment.....	64
A.4	Special considerations.....	64
A.4.1	Inherently rugged equipment.....	64
A.4.2	Limitations.....	65
A.5	Experience-based documentation.....	65
A.5.1	General.....	65
A.5.2	Reference data.....	66
A.5.3	Candidate equipment qualification.....	66
Annex B (informative)	Measurement of zero period acceleration.....	67
Annex C (informative)	Frequency content and stationarity.....	68
Annex D (informative)	Fragility testing.....	69
D.1	General.....	69
D.2	Excitation motion.....	69
D.3	Application of results.....	70
D.4	Other considerations.....	70
Annex E (informative)	Test duration and number of cycles.....	72
Annex F (informative)	Statistically independent motions.....	76
Annex G (informative)	Seismic qualification illustrative flowcharts.....	77
G.1	General.....	77
G.2	Establishment of seismic conditions and acceptance criteria.....	77
G.3	Qualification by testing.....	77
G.4	Qualification by analysis.....	77
G.5	Qualification by combination of analysis and testing.....	77
Bibliography	82

Figure 1 – Sine beat	39
Figure 2 – Decaying sine	39
Figure 3 – Random spectrum with superimposed sine beats	43
Figure 4 – Resonant amplification versus cycles per beat	44
Figure E.1 – Fractional cycles to obtain one equipment maximum peak cycle	73
Figure E.2 – Equivalent peak-stress cycles induced by stationary random motion	74
Figure E.3 – Equivalent peak-stress cycles induced by stationary random motion to 20 Hz ...	74
Figure G.1 – Seismic qualification flowchart.....	78
Figure G.2 – Seismic qualification test flowchart	79
Figure G.3 – Seismic qualification analysis flowchart	80
Figure G.4 – Seismic qualification analysis and test flowchart.....	81
Table A.1 – EES reduction factor based on number of independent items.....	60

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

NUCLEAR FACILITIES – EQUIPMENT IMPORTANT TO SAFETY – SEISMIC 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, 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.

- 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.

IEC/IEEE 60980-344:2020

– 7 –

© IEC/IEEE 2020

International Standard IEC/IEEE 60980-344 has been prepared by subcommittee 45A: Instrumentation, control and electrical power systems of nuclear facilities, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation, in cooperation with Nuclear Power Engineering Committee of the IEEE, under the IEC/IEEE Dual Logo Agreement.

It is published as an IEC/IEEE dual logo standard.

This new edition cancels and replaces the first edition of IEC 60980, published in 1989, and constitutes a technical revision. It also supersedes IEEE Std 344™-2013.

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

FDIS	Report on voting
45A/1323/FDIS	45A/1334/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 web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

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 function 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 seismic qualification. This standard shall be used in conjunction with IEC/IEEE 60780-323.

Other aspects, relating to quality assurance, reliability, selection and use of electronic devices, design and modification of digital systems including Verification and Validation (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,
- Improvement in the use of methods (test and analysis) described throughout the standard,
- Improvement of computation tools and modalities of use.

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 and IEC 63046 are first level IEC SC 45A documents that give guidance applicable to Instrumentation and Control (I&C) system and electrical power systems (at system level). They are completed by guidance relative to functional classification (IEC 61226).

These documents are supplemented by second level IEC SC 45A documents. Second level IEC SC 45A documents give guidance on hardware design (IEC 60987), software (IEC 60880 and IEC 62138), selection and use of HDL programmed integrated circuits (IEC 62566), requirements in order to reduce the possibility and limit the impact of common cause failure of category A functions (IEC 62340), qualification (IEC/IEEE 60780-323, IEC/IEEE 60980-344 and IEC 62003), control room design (IEC 62342) and cybersecurity (IEC 62645).

IEC/IEEE 60980-344 is a second level IEC SC 45A document which focuses on seismic 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. If using IEEE standards, this standard applies to systems, structures, and components classified as safety or safety-related. If using the IEC 61226 and IEC 61513 classification guidance, this standard applies to all Class 1, 2 and 3 equipment. This document shall only be applied in accordance with the single selected classification scheme, either IEC or IEEE.

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 documents of the IEC SC 45A standard series are IEC 61513 and IEC 63046. IEC 61513 provides general requirements for I&C systems and equipment that are used to perform functions important to safety in NPPs. IEC 63046 provides general requirements for electrical power systems of NPPs; it covers power supply systems including the supply systems of the I&C systems. IEC 61513 and IEC 63046 are to be considered in conjunction and at the same level. IEC 61513 and IEC 63046 structure the IEC SC 45A standard series and shape a complete framework establishing general requirements for instrumentation, control and electrical systems for nuclear power plants.

IEC 61513 and IEC 63046 refer directly to other IEC SC 45A standards for general topics related to categorization of functions and classification of systems, qualification, separation, defence against common cause failure, control room design, electromagnetic compatibility, cybersecurity, software and hardware aspects for programmable digital systems, coordination of safety and security requirements and management of ageing. The standards referenced directly at this second level should be considered together with IEC 61513 and IEC 63046 as a consistent document set.

At a third level, IEC SC 45A standards not directly referenced by IEC 61513 or by IEC 63046 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 45 standard series, corresponds to the Technical Reports which are not normative.

The IEC SC 45A standards series consistently implements and details the safety and security principles and basic aspects provided in the relevant IAEA safety standards and in the relevant documents of the IAEA nuclear security series (NSS). In particular this includes the IAEA requirements SSR-2/1, establishing safety requirements related to the design of nuclear power plants (NPPs), the IAEA safety guide SSG-30 dealing with the safety classification of structures, systems and components in NPPs, the IAEA safety guide SSG-39 dealing with the design of instrumentation and control systems for NPPs, the IAEA safety guide SSG-34 dealing with the design of electrical power systems for NPPs and the implementing guide NSS 17 for computer security at nuclear facilities. The safety and security terminology and definitions used by SC 45A standards are consistent with those used by the IAEA.

IEC 61513 and IEC 63046 have adopted a presentation format similar to the basic safety publication IEC 61508 with an overall life-cycle framework and a system life-cycle framework. Regarding nuclear safety, IEC 61513 and IEC 63046 provide the interpretation of the general requirements of IEC 61508-1, IEC 61508-2 and IEC 61508-4, for the nuclear application sector. In this framework IEC 60880, IEC 62138 and IEC 62566 correspond to IEC 61508-3 for the nuclear application sector. IEC 61513 and IEC 63046 refer to ISO as well as to IAEA GS-R part 2 and IAEA GS-G-3.1 and IAEA GS-G-3.5 for topics related to quality assurance (QA). At level 2, regarding nuclear security, IEC 62645 is the entry document for the IEC/SC 45A security standards. It builds upon the valid high level principles and main concepts of the generic security standards, in particular ISO/IEC 27001 and ISO/IEC 27002; it adapts them and completes them to fit the nuclear context and coordinates with the IEC 62443 series. At level 2, IEC 60964 is the entry document for the IEC/SC 45A control rooms standards and IEC 62342 is the entry document for the ageing management standards.

NOTE 1 It is assumed that for the design of I&C systems in NPPs that implement conventional safety functions (e.g. to address worker safety, asset protection, chemical hazards, process energy hazards) international or national standards would be applied.

NOTE 2 IEC/SC 45A domain was extended in 2013 to cover electrical systems. In 2014 and 2015 discussions were held in IEC/SC 45A to decide how and where general requirements for the design of electrical systems were to be considered. IEC/SC 45A experts recommended that an independent standard be developed at the same level as IEC 61513 to establish general requirements for electrical systems. Project IEC 63046 is now launched to cover this objective. When IEC 63046 is published, this Note 2 of the introduction of IEC/SC 45A standards will be suppressed.

NUCLEAR FACILITIES – EQUIPMENT IMPORTANT TO SAFETY – SEISMIC QUALIFICATION

1 Scope

This International Standard describes methods for establishing seismic qualification procedures that will yield quantitative data to demonstrate that the equipment can meet its performance requirements. This document is applicable to electrical, mechanical, instrumentation and control equipment/components that are used in nuclear facilities. This document provides methods and documentation requirements for seismic qualification of equipment to verify the equipment's ability to perform its specified performance requirements during and/or after specified seismic demands. This document does not specify seismic demand or performance requirements. Other aspects, relating to quality assurance, selection of equipment, and design and modification of systems, are not part of this document. As seismic qualification is only a part of equipment qualification, this document is used in conjunction with IEC/IEEE 60780-323.

The seismic qualification demonstrates equipment's ability to perform its safety function(s) during and/or after the time it is subjected to the forces resulting from at least one safe shutdown earthquake (SSE/S2). This ability is demonstrated by taking into account, prior to the SSE/S2, the ageing of equipment and the postulated occurrences of a given number of lower intensity operating basis earthquake (OBE/S1). Ageing phenomena to be considered, if specified in the design specification, are those which could increase the vulnerability of equipment to vibrations caused by an SSE/S2.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

IEC/IEEE 60780-323, *Nuclear facilities – Electrical equipment important to safety – Qualification*^{1,2}

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

¹ IEEE publications are available from The Institute of Electrical and Electronics Engineers (<http://standards.ieee.org/>).

² The IEEE standards or products referred to in this clause are trademarks of The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	88
INTRODUCTION.....	90
1 Domaine d'application	93
2 Références normatives	93
3 Termes et définitions	94
4 Termes abrégés	102
5 Considérations générales sur l'environnement sismique et de la réponse de l'équipement.....	102
5.1 Généralités	102
5.2 Environnement sismique	103
5.3 Équipement sur fondations.....	103
5.4 Équipement sur des structures.....	103
5.5 Interfaces et interactions négatives.....	104
5.6 Simulation de vibrations induites par un séisme	104
5.6.1 Généralités	104
5.6.2 Spectre de réponse	104
5.6.3 Accélérogramme.....	105
5.6.4 Fonction DSP	105
5.7 Amortissement.....	105
5.7.1 Généralités	105
5.7.2 Mesurage de l'amortissement	106
5.8 Application de l'amortissement.....	107
5.8.1 Généralités	107
5.8.2 Application de l'amortissement dans les essais.....	107
5.8.3 Application de l'amortissement dans une analyse	107
6 Exigences relatives à la qualification sismique.....	108
6.1 Généralités	108
6.2 Spécification de l'équipement à qualifier	108
6.3 Spécification des conditions de vieillissements	109
6.4 Spécification des exigences sismiques	109
6.5 Spécification des critères d'acceptation	109
7 Démarche de qualification sismique.....	110
7.1 Fonction de sûreté	110
7.2 Méthodes de qualification sismique.....	110
8 Vieillissement	112
8.1 Généralités	112
8.2 Vieillissement thermique	112
8.3 Vieillissement par rayonnement	112
8.4 Dégradation et corrosion du matériau	112
8.5 Vieillissement d'origine mécanique ou électrique	112
8.6 Vieillissement vibratoire	113
8.6.1 Généralités	113
8.6.2 Vieillissement dans les conditions de vibrations non sismiques.....	113
8.6.3 Charges hydrodynamiques	114
8.6.4 Vieillissement sismique (OBE/S1).....	114
9 Essais	114

9.1	Généralités	114
9.1.1	Programme d'essai	114
9.1.2	Montage	116
9.1.3	Surveillance.....	116
9.1.4	Charge	116
9.1.5	Reconditionnement.....	117
9.1.6	Essais exploratoires	117
9.1.7	Vieillessement sismique (OBE/S1).....	119
9.2	Essais de validité et essais génériques	120
9.3	Essai en fragilité	120
9.4	Essai de composant.....	121
9.5	Essais des ensembles	121
9.5.1	Généralités	121
9.6	Méthodes d'essai	122
9.6.1	Généralités	122
9.6.2	Essai monofréquence	123
9.6.3	Essai à fréquences multiples	126
9.6.4	Autres essais.....	131
9.6.5	Durée d'essai et potentiel de fatigue oligocyclique.....	131
9.6.6	Essais sur plusieurs axes	132
9.6.7	Équipement monté sur une tuyauterie.....	134
9.6.8	Essais supplémentaires	135
9.7	Documentation d'essai.....	135
10	Qualification par analogie	135
10.1	Généralités	135
10.2	Excitation.....	135
10.3	Systèmes physiques	135
10.4	Fonction de sûreté	136
11	Analyse	136
11.1	Généralités	136
11.2	Méthodes d'analyse sismique	138
11.2.1	Généralités	138
11.2.2	Méthode statique	138
11.2.3	Méthode quasi statique.....	138
11.2.4	Analyse dynamique	139
11.3	Réponse non linéaire de l'équipement.....	140
11.4	Autres charges dynamiques	140
11.5	Résultats de l'analyse sismique (des calculs sous chargement sismiques).....	140
11.6	Documentation d'analyse	141
12	Combinaison d'essais et de calculs	141
12.1	Généralités	141
12.2	Essais au voisinage de certains modes fréquentiels.....	141
12.2.1	Généralités	141
12.2.2	Méthode par excitation sur fréquence propre	142
12.2.3	Méthode par fonction de transfert	142
12.2.4	Méthodes d'analyse utilisant les données d'essai	142
12.2.5	Qualification	142
12.3	Extrapolation pour un équipement similaire.....	142
12.3.1	Généralités	142

12.3.2	Méthode d'essai	143
12.3.3	Analyse	143
12.4	Essai de chocs.....	143
12.5	Extrapolation pour les ensembles à plusieurs armoires	143
12.6	Autre essai/analyse	144
13	Documentation	144
13.1	Généralités	144
13.2	Rapport de qualification sismique	144
13.2.1	Généralités	144
13.2.2	Analyse	145
13.2.3	Essais	145
13.2.4	Analyse et essais combinés ou similitude	146
Annexe A (normative)	Qualification sismique fondée sur l'expérience	147
A.1	Généralités	147
A.2	Données sismiques expérimentales	147
A.2.1	Généralités	147
A.2.2	Caractérisation des mouvements sismiques expérimentaux.....	147
A.2.3	Spectre sismique expérimental (SSE).....	148
A.2.4	Caractérisation de la classe d'équipements de référence.....	148
A.2.5	Qualification de l'équipement candidat.....	150
A.3	Données d'essai expérimentales.....	151
A.3.1	Généralités	151
A.3.2	Caractérisation des mouvements d'entrée d'essai expérimentaux	151
A.3.3	Spectre d'essai expérimental (SEE).....	151
A.3.4	Caractérisation de la classe d'équipements de référence.....	152
A.3.5	Qualification de l'équipement candidat.....	153
A.4	Considérations particulières.....	154
A.4.1	Équipement à robustesse inhérente	154
A.4.2	Limitations	154
A.5	Documentation fondée sur l'expérience.....	155
A.5.1	Généralités	155
A.5.2	Données de référence	155
A.5.3	Qualification de l'équipement candidat.....	156
Annexe B (informative)	Mesurage de l'accélération à période nulle.....	157
Annexe C (informative)	Contenu fréquentiel et stationnarité.....	159
Annexe D (informative)	Essais en fragilité.....	161
D.1	Généralités	161
D.2	Mouvement d'excitation.....	161
D.3	Application des résultats	162
D.4	Autres considérations	162
Annexe E (informative)	Durée de l'essai et nombre de cycles	164
Annexe F (informative)	Mouvements indépendants d'un point de vue statistique.....	168
Annexe G (informative)	Organigrammes illustratifs de la qualification sismique.....	169
G.1	Généralités	169
G.2	Établissement des conditions sismiques et critères d'acceptation	169
G.3	Qualification par des essais	169
G.4	Qualification par des analyses	169
G.5	Qualification par combinaison d'analyses et d'essais	169

Bibliographie.....	174
Figure 1 – Sinusoïdes modulées	125
Figure 2 – Sinusoïde décroissante	125
Figure 3 – Spectre aléatoire avec sinusoïdes modulées superposées	130
Figure 4 – Amplification de résonance/cycles par battement	130
Figure E.1 – Cycles fractionnels permettant d'obtenir un cycle de crête maximale de l'équipement	165
Figure E.2 – Cycles de contrainte de crête équivalents induits par un mouvement aléatoire stationnaire	166
Figure E.3 – Cycles de contrainte de crête équivalents induits par un mouvement aléatoire stationnaire à 20 Hz	166
Figure G.1 – Organigramme de qualification sismique	170
Figure G.2 – Organigramme d'essai de qualification sismique.....	171
Figure G.3 – Organigramme d'analyse de qualification sismique.....	172
Figure G.4 – Organigramme d'analyse et d'essai de qualification sismique	173
Tableau A.1 – Facteur de réduction du SSE en fonction du nombre d'éléments indépendants	150

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTALLATIONS NUCLÉAIRES – ÉQUIPEMENTS IMPORTANTS POUR LA SÛRETÉ – QUALIFICATION SISMIQUE

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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. À 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 le 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'implique la violation de ces droits, relèvent entièrement de leur seule responsabilité.

La Norme internationale IEC/IEEE 60980-344 a été établie par le sous-comité 45A: Systèmes d'instrumentation, de contrôle-commande et d'alimentation électrique des installations nucléaires, du Comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire, en coopération avec le "Nuclear Power Engineering Committee" de l'IEEE selon l'accord double logo IEC/IEEE entre l'IEC et l'IEEE.

Elle est publiée en tant que norme double logo IEC/IEEE.

Cette nouvelle édition annule et remplace la première édition de l'IEC 60980, parue en 1989, et constitue une révision technique. Elle remplace également la norme IEEE 344TM-2013.

La présente version bilingue (2021-08) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2020-10.

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

La présente Norme internationale a été rédigée 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. À cette date, la publication sera

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

INTRODUCTION

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

La présente norme s'applique aux équipements électriques importants pour la sûreté indispensables à l'exécution d'une fonction de sécurité ou dont la défaillance peut avoir un impact négatif sur les fonctions de sécurité des autres équipements ainsi qu'à leurs interfaces.

Dans des installations nucléaires, l'équipement électrique doit satisfaire aux exigences portant sur les fonctions de sûreté tout au long de sa durée d'installation. Pour ce faire, un programme sérieux d'assurance qualité, de contrôle, d'études, de contrôle qualité, de qualification, de production, de transport, de stockage, d'installation, de maintenance, d'essais périodiques et de surveillance est mis en place. La présente norme IEC/IEEE porte spécifiquement sur la qualification sismique. Elle doit être utilisée conjointement avec l'IEC/IEEE 60780-323

Les autres aspects, relatifs à l'assurance qualité, à la fiabilité, au choix et à l'utilisation d'appareils électroniques, à la conception et à la modification des systèmes numériques (y compris les activités de Vérification et de Validation (V&V)) ne relèvent pas de la présente norme.

La présente norme a énormément bénéficié des recherches menées par le secteur industriel dans le domaine de la qualification des équipements et des décennies d'application. Les activités futures du groupe de travail pour mettre à jour la présente norme prennent ce qui suit en considération:

- L'expérience et les connaissances acquises à l'aide de techniques de surveillance de l'état de dégradation des équipements,
- Les connaissances acquises sur les mécanismes de vieillissement et leur cinétique,
- Les améliorations dans l'utilisation des méthodes (essai et analyses) décrites dans la norme,
- L'amélioration des outils de calcul et des modalités d'utilisation.

Il est prévu que la norme soit utilisée par les opérateurs d'installations nucléaires (notamment de production d'électricité), les évaluateurs de systèmes, les fabricants d'équipement, les installations d'essai, les laboratoires d'homologation et les concédants de licence.

b) Position de la présente norme dans la collection de normes du SC45A de l'IEC

L'IEC 61513 et l'IEC 63046 sont les documents du comité SC45A de l'IEC de premier niveau qui donnent les recommandations applicables au système d'instrumentation et de contrôle-commande (I&C) et aux systèmes d'alimentation électrique des installations nucléaires. Ils sont complétés par des recommandations en matière de classification fonctionnelle (IEC 61226 pour les centrales électronucléaires).

Ces documents sont accompagnés par des documents du SC45A de l'IEC de deuxième niveau. Les documents du SC45A de l'IEC de deuxième niveau donnent des recommandations relatives à la conception matérielle (IEC 60987), logicielle (IEC 60880 et IEC 62138), au choix et aux conditions d'utilisation des circuits intégrés programmés en HDL (IEC 62566), aux exigences à satisfaire pour réduire la possibilité et limiter l'impact des défaillances de cause commune des systèmes réalisant des fonctions de catégorie A (IEC 62340), à la qualification environnementale (IEC/IEEE 60780-323, IEC/IEEE 60980-344 et IEC 62003), à la conception des salles de commande (IEC 62342) et à la cybersécurité (IEC 62645).

L'IEC/IEEE 60980-344 est un document du SC45A de l'IEC de deuxième niveau qui porte sur la qualification sismique des équipements électriques importants pour la sûreté.

Pour de plus amples informations sur la collection de normes du SC45A de l'IEC, voir le paragraphe d) de cette introduction.

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

La présente norme à double logo s'applique à tous les équipements électriques importants pour la sûreté, conformément à la terminologie de l'AIEA. Lorsqu'on utilise les normes IEEE, ce document s'applique pour les systèmes, structures et composants classés de sûreté ou liés à la sûreté. Lorsqu'on utilise les recommandations de classement de l'IEC 61226 et de l'IEC 61513, ce document s'applique aux matériels de classe 1, 2 ou 3. Ce document doit être appliqué uniquement en utilisant un seul schéma de classement, ou le schéma IEC ou celui de l'IEEE.

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)

Les documents de premier niveau de la collection de normes produites par le SC45A de l'IEC sont les normes IEC 61513 et IEC 63046. La norme IEC 61513 traite des exigences générales 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 de puissance. La norme IEC 63046 traite des exigences générales relatives aux systèmes d'alimentation électrique des centrales nucléaires de puissance; elle couvre les systèmes d'alimentation électrique de l'installation jusqu'à et y compris les alimentations des systèmes d'I&C. Les normes IEC 61513 et IEC 63046 doivent être considérées ensemble et au même niveau. Les normes IEC 61513 et IEC 63046 structurent la collection de normes du SC45A de l'IEC et forment un cadre complet, cohérent et consistant établissant les exigences générales relatives aux instrumentations et aux systèmes de contrôle-commande et d'alimentation électrique pour les centrales nucléaires de puissance.

Les normes IEC 61513 et IEC 63046 font directement référence aux autres normes du SC45A de l'IEC traitant de sujets génériques, tels que la catégorisation des fonctions pour les centrales nucléaires de puissance, la qualification, la séparation des systèmes, la défense contre les défaillances de cause commune, la conception des salles de commande, la compatibilité électromagnétique, la cybersécurité, les aspects logiciels et matériels relatifs aux systèmes numériques programmables, la coordination des exigences de sûreté et de sécurité et la gestion du vieillissement. Il convient de considérer que ces normes, de second niveau, forment, avec les normes IEC 61513 et IEC 63046, un ensemble documentaire cohérent pour les centrales nucléaires de forte puissance.

Au troisième niveau, les normes du SC45A de l'IEC, qui ne sont généralement pas référencées directement par les normes IEC 61513 ou IEC 63046, sont relatives à des équipements particuliers (famille technologique) ou à des méthodes spécifiques de contrôle, de suivi ou d'essai. 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 SC45A de l'IEC correspond aux rapports techniques qui ne sont pas des documents normatifs.

Les normes de la collection produite par le SC45A de l'IEC sont élaborées de façon à être en accord avec les principes de sûreté et de sécurité de haut niveau établis par les normes de sûreté de l'AIEA pertinentes pour les centrales nucléaires, ainsi qu'avec les documents pertinents de la collection de l'AIEA pour la sécurité nucléaire (NSS), en particulier avec le document d'exigences SSR-2/1 qui établit les exigences de sûreté relatives à la conception des centrales nucléaires, avec le guide de sûreté SSG-30 de l'IAEA qui traite du classement de sûreté des structures, systèmes et composants des centrales nucléaires de puissance, avec le guide de sûreté SSG-39 de l'IAEA qui traite de la conception de l'instrumentation et du contrôle commande des centrales nucléaires, avec le guide de sûreté SSG-34 qui traite de la conception des systèmes d'alimentation électrique des centrales nucléaires, et avec le guide de mise en œuvre NSS 17 traitant de la sécurité informatique pour les installations nucléaires. La terminologie et les définitions utilisées pour la sûreté et la sécurité dans les normes produites par le SC45A sont conformes à celles utilisées par l'AIEA.

Les normes IEC 61513 et IEC 63046 ont adopté une présentation similaire à celle de l'IEC 61508, avec un cycle de vie d'ensemble et un cycle de vie des systèmes. Au niveau sûreté nucléaire, les normes IEC 61513 et IEC 63046 sont l'interprétation des exigences générales de l'IEC 61508-1, l'IEC 61508-2 et l'IEC 61508-4 pour le secteur nucléaire. Dans le domaine nucléaire, l'IEC 60880, l'IEC 62138 et l'IEC 62566 sont le pendant de l'IEC 61508-3 pour le secteur industriel non nucléaire. Les normes IEC 61513 et IEC 63046 font référence aux normes ISO ainsi qu'aux documents AIEA GS-R partie 2 et AIEA GS-G-3.1 et AIEA GS-G-3.5 pour ce qui concerne l'assurance qualité. Au second niveau, la norme IEC 62645 est le document chapeau du SC45A de l'IEC portant sur la sécurité nucléaire. Elle est élaborée à partir des principes pertinents de haut niveau et des principaux concepts des normes ISO/IEC 27001 et ISO/IEC 27002. Elle les adapte et les complète pour qu'ils deviennent pertinents pour le secteur nucléaire. Elle est coordonnée étroitement avec la norme IEC 62443. Au second niveau, la norme IEC 60964 est le document chapeau des normes du SC45A de l'IEC portant sur les salles de commande et la norme IEC 62342 est le document chapeau des normes du SC45A de l'IEC portant sur la gestion du vieillissement.

NOTE 1 il est fait l'hypothèse que pour la conception des systèmes d'I&C dans les CNP qui sont supports de fonctions de sûreté conventionnelle (par exemple pour garantir la sécurité des travailleurs, la protection des biens, la prévention contre les risques chimiques, la prévention contre les risques liés au procédé énergétique), les normes nationales ou internationales sont appliquées.

NOTE 2 le domaine de l'IEC/SC45A a été étendu en 2013 pour couvrir les systèmes électriques. En 2014 et en 2015, des discussions ont eu lieu au sein de l'IEC/SC45A pour décider de la façon et de l'endroit pour établir les exigences générales portant sur la conception des systèmes électriques. Les experts de l'IEC/SC45A ont recommandé que pour établir des exigences générales pour les systèmes électriques, une norme indépendante soit développée au même niveau que l'IEC 61513. Le projet IEC 63046 est lancé pour atteindre cet objectif. Lorsque la norme IEC 63046 sera publiée, la présente Note 2 de l'introduction des normes IEC/SC45A sera supprimée.

INSTALLATIONS NUCLÉAIRES – ÉQUIPEMENTS IMPORTANTS POUR LA SÛRETÉ – QUALIFICATION SISMIQUE

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit les méthodes d'établissement des procédures de qualification sismique permettant d'obtenir des données quantitatives visant à démontrer que l'équipement peut satisfaire à ses exigences de performance. Le présent document s'applique aux équipements/composants électriques, mécaniques, d'instrumentation et de contrôle commandés utilisés dans les installations nucléaires. Il donne les méthodes et exigences de documentation relatives à la qualification sismique des équipements afin de vérifier l'aptitude de ces derniers à satisfaire à leurs exigences de performances spécifiées pendant et/ou après les sollicitations sismiques spécifiées. Le présent document ne spécifie aucune sollicitation sismique ni exigence de performances. Les autres aspects, relatifs à l'assurance qualité, au choix des équipements et à la conception et la modification des systèmes ne relèvent pas du présent document. La qualification sismique ne représentant qu'une partie de la qualification des équipements, le présent document est utilisé conjointement avec l'IEC/IEEE 60780-323.

La qualification sismique démontre l'aptitude de l'équipement à exécuter sa ou ses fonctions de sûreté pendant et/ou après avoir été soumis aux efforts d'au moins un séisme majoré de sécurité (SSE/S2). Cette aptitude est démontrée en tenant compte, avant le séisme de référence en exploitation SSE/S2, du vieillissement de l'équipement et des éventuelles occurrences d'un certain nombre de séismes de référence en exploitation de moindre intensité (OBE/S1). Les phénomènes de vieillissement à prendre en considération, s'ils sont indiqués dans la spécification de conception, sont ceux qui peuvent augmenter la vulnérabilité des équipements aux vibrations provoquées par un SSE/S2.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

IEC/IEEE 60780-323, *Installations nucléaires – Équipements électriques importants pour la sûreté – Qualification*.^{1,2}

IEEE 382™, *IEEE Standard for Qualification of Safety-Related Actuators for Nuclear Power Generating Stations* (disponible en anglais seulement)

¹ Les publications de l'IEEE sont disponibles auprès de The Institute of Electrical and Electronics Engineers (<http://standards.ieee.org/>).

² Les normes ou produits de l'IEEE auxquels il est fait référence dans le présent article sont des marques déposées de The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.